**ใบรับรองปัญหาพิเศษ**
**ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง**

**เรื่อง** การใช้ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ระดับความเค็มต่างๆ

Using zeolite as ammonia absorption in various salinity

**ชื่อนักศึกษา** นายสิทธิพร เขียวขำ

**ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** ดร. ปวีณา ทวีกิจการ

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษา** .....

(ดร. ปวีณา ทวีกิจการ)

**ภาควิชารับรองแล้ว**

.....

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

**หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง**

**วันที่** 18 **เดือน** ม.ค. **พ.ศ** 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20505

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

# การใช้ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ระดับความเค็มต่างๆ

Using zeolite as ammonia absorption in various salinity

T099462

โดย

นายสิทธิพร เขียวขำ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2546

ปพ.
ส723ก
2546
เลขหมู่ 99462
เลขทะเบียน
วัน.เดือน.ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

## เรื่อง

## การใช้ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ระดับความเค็มต่างๆ

Using zeolite as ammonia absorption in various salinity

การศึกษาการใช้ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่มีระดับความเค็มต่างๆ โดยใช้ซีโอไลท์ที่ระดับปริมาณ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเค็มน้ำ 0, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วนทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพน้ำที่เวลา 0, 30 นาที, 3, 6, 9, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ซีโอไลท์ 2.5 กรัมต่อลิตร สามารถลดปริมาณแอมโมเนียทุกระดับความเข้มข้นที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ได้ดีที่สุด 59.90 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ปริมาณซีโอไลท์ 1.5 กรัมต่อลิตร ลดปริมาณแอมโมเนียทุกระดับความเข้มข้นได้ 48.42 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเค็ม 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน ซีโอไลท์สามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้เพียงเล็กน้อยตลอดการทดลองทุกระดับความเค็ม ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.61 ถึง 8.32 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ อยู่ในช่วงระหว่าง 5.45 ถึง 8.18 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 24.1 ถึง 29.0 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำนิยม

การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ปวีณา ทวีกิจการ ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาปัญหาต่างๆ ตลอดการทดลองพร้อมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องจนปัญหาพิเศษเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ บุปผา จงพัฒน์ และพี่ๆ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์การทดลองและห้องปฏิบัติการ

ขอบคุณคุณชลธิชา นิลภา ที่คอยให้กำลังใจและเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการทดลองทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณน้า พี่และน้องสาวซึ่งคอยให้กำลังใจมาโดยตลอดและที่สำคัญ กำลังทรัพย์ตลอดช่วงชีวิตที่ผ่านมาของข้าพเจ้า

นายสิทธิพร เขียวขำ

พฤษภาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | I |
| สารบัญตาราง | II |
| สารบัญภาพ | IV |
| คำนำ | 1 |
| การตรวจเอกสาร | 2 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 7 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ | 10 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 39 |
| เอกสารอ้างอิง | 40 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 12 |
| 2 | การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 14 |
| 3 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 15 |
| 4 | การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ($C^0$) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 16 |
| 5 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 19 |
| 6 | การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 21 |
| 7 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 22 |
| 8 | การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ($C^0$) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกันต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 23 |
| 9 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 26 |
| 10 | การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 28 |
| 11 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 29 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 12 | การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ($C^0$) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 30 |
| 13 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 33 |
| 14 | การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 35 |
| 15 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 36 |
| 16 | การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ($C^0$) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 37 |
| 17 | เปอร์เซ็นต์การลดลงของแอมโมเนียรวมเมื่อใส่ซีโอไลท์ที่ระดับความเค็มต่างๆ | 38 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การทำงานของซีโอไลท์ | 5 |
| 2 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 10 |
| 3 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 11 |
| 4 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 11 |
| 5 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 11 |
| 6 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 17 |
| 7 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 18 |
| 8 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 18 |
| 9 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 18 |
| 10 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลอง ที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 24 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 11 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 25 |
| 12 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 25 |
| 13 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 25 |
| 14 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 31 |
| 15 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 32 |
| 16 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 32 |
| 17 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง | 32 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำนำ

ปัจจุบันนี้ปริมาณปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติ ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ เกษตรกรจึงนิยมเพาะเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อพื้นที่เพาะเลี้ยงสูงที่สุด ซึ่งการเพาะเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นต้องเพิ่มปริมาณอาหารและอาหารเสริมต่างๆให้แก่ปลา ทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงปลา มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำซึ่งมีสาเหตุมาจากของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมาและอาหารปลาที่เหลือตกค้างซึ่ง ได้แก่ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ฟอสฟอรัสและสารอาหารต่างๆ เมื่อคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของปลา แอมโมเนียเป็นอันตรายต่อปลาทั้งทางตรงและทางอ้อม กล่าวคือ ถ้าแอมโมเนียในน้ำสูงเกินไปทำให้ปลาไม่สามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากกระแสเลือดได้ หรือในขณะที่ระดับแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น ปลาขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยเป็นสาเหตุให้ระดับแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ pH ของเลือดมีค่าสูงขึ้นจนเป็นสาเหตุให้ปลาตายได้ซึ่งเป็นที่มาของการศึกษาการใช้ซีโอไลท์เพื่อลดปริมาณแอมโมเนีย ปัจจุบันนี้มีการนำ zeolite มาใช้ลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ Anon (2000) ได้กล่าวว่าซีโอไลท์สามารถลดแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาและกุ้งและได้แนะนำว่าระบบหมุนเวียนของน้ำที่มีระบบกรองซีโอไลท์ สามารถเลี้ยงปลาได้หนาแน่นกว่าเดิมเนื่องจากซีโอไลท์ ( clinoptilolite ) ที่ 40 กรัมต่อลิตร สามารถลดแอมโมเนียที่มีการเพาะเลี้ยงในน้ำจืดได้มากถึง 97 เปอร์เซ็นต์ และ clinoptilolite ปริมาณ 22 ถึง 24 กรัมต่อลิตร สามารถลดแอมโมเนียได้ถึง 93 เปอร์เซ็นต์

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับของซีโอไลท์ที่เหมาะสมในการลดปริมาณแอมโมเนียที่ระดับต่างๆ
2. เพื่อศึกษาระดับของซีโอไลท์ที่เหมาะสมในการลดปริมาณแอมโมเนียที่ระดับความเค็มต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

### ความเป็นพิษของแอมโมเนีย

ในบ่อเลี้ยงปลาที่มีการให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์หรืออาหารที่มีโปรตีนสูงอาหารที่เหลือและของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมา จะมีสารโปรตีนหรือสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ยังย่อยไม่หมดซึ่งสารเหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิดให้เป็นแอมโมเนีย นอกจากนี้แอมโมเนียในบ่อปลายังได้จากขบวนการย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์โดยแบคทีเรียและเชื้อราอีกด้วย โดยเฉพาะในบ่อที่เลี้ยงปลาอย่างหนาแน่นและไม่มีการถ่ายเทน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสะสมแอมโมเนียในปริมาณที่ค่อนข้างสูงและยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อแอมโมเนีย เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำ จะพบว่าความเป็นพิษของแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้นและในขณะที่น้ำมีอุณหภูมิสูงสามารถทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียสูงขึ้น( ศักดิ์ชัย,2530) และยังมีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงแต่ เมื่อระดับความเค็มสูงขึ้นพิษของแอมโมเนียจะลดลง (สมชาย, 2540) และ Emadi et al (2001) ได้ทำการทดลองผลกระทบของความเค็มต่อ zeolite และ activated carbon พบว่าที่ความเค็มเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของ zeolite และ activated carbon จะลดลง และ zeolite ที่มีขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายแอมโมเนียจากน้ำได้ดีเป็นพิเศษที่ความเค็มต่ำกว่า 10 ส่วนในพันส่วน สมชาย (2540) กล่าวว่าถ้าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีผลต่อสมดุลระหว่างอันอิออนไนซ์แอมโมเนียและอิออนไนซ์แอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียที่ละลายในน้ำมี 2 รูปแบบคือ Unionized ammonia ($NH_3$) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมาก และ Ionized ammonia ($NH^+_4$) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำหรือมีพิษเพียงเล็กน้อย (กรรณิการ์, 2543) และ เมื่อน้ำมีความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิสูง ความเป็นพิษของอันอิออนไนซ์แอมโมเนียจะเพิ่มมากขึ้นและพิษของอันอิออนไนซ์แอมโมเนียจะลดลงถ้าในน้ำมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงเพราะว่า คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำลดลง ( ศักดิ์ชัย, 2530)

โดยปกติสัตว์น้ำจะมีความทนทานต่อพิษแอมโมเนียแตกต่างกันตามชนิดและความสามารถทางสรีรวิทยา และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ สัตว์น้ำปกติจะมีความทนทานได้ในระยะสั้น 24 – 72 ชั่วโมง เมื่อมีความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำ 0.2 - 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรณิการ์, 2543) หรือมากกว่าจะเป็นพิษกับสัตว์น้ำได้ โดยจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของปลาลดลง เนื่องจากเหงือกถูกทำลายโดยบริเวณเหงือกจะมีการเพิ่มจำนวนเซลล์(Hyperplasia) เชื่อมติดกันและเซลล์บางเซลล์จะมีการขยายใหญ่ขึ้นมีการรวมตัวกัน (Hypertrophy) เซลล์บวมน้ำ(Edema) ส่งผลให้ปลาไม่สามารถแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนได้เต็มที่ (Burrow, 1964 อ้างโดย ปภาศิริ และคณะ, 2528) ศักดิ์ชัย (2530) กล่าวว่าปริมาณแอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดปลาลดลง ถ้าในน้ำมีปริมาณแอมโมเนียสูงถึง 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในเลือดลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 1 ใน 7 ส่วน ของภาวะปกติทั้งนี้ เนื่องจากแอมโมเนียมีผลต่อการขนส่งออกซิเจนในเลือดโดยทำให้ฮีโมโกลบินของเลือดสูญเสียความสามารถในการรวมตัวกับออกซิเจน มีผลทำให้เลือดไม่สามารถกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ได้อีกด้วย ความเป็นพิษของแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลาสามารถลดได้โดยใช้เกลือแกง (NaCl) ในอัตราส่วนประมาณ 200 - 250 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกๆหนึ่งถึงสองอาทิตย์ และ Wickin (1976) พบว่า $NH_3$-N ที่ 0.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดการเจริญเติบโตของกุ้ง penaeid species ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้นต่ำจะไม่ทำให้สัตว์น้ำตาย แต่จะส่งผลกระทบต่อขบวนการทางสรีรอาจแสดงผลในรูปของ การลดอัตราการเจริญเติบโตและการยืดระยะเวลาการฟักเป็นตัวของไข่ อัตราการตายของตัวอ่อนเพิ่มขึ้นและพฤติกรรมบางอย่างเปลี่ยนแปลงไป (Burkhalter and Kaya , 1977 อ้างโดย ช่วยชูศรี, 2528) และ ธีรพงศ์ , 2528 อ้างโดย ศักดิ์ชัย (2530) รายงานว่าความเป็นพิษแอมโมเนียในรูปอันอิออนไนซ์ ที่ทำให้ปลาดุกตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 4.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และอันอิออนไนซ์แอมโมเนียทำให้ปริมาณเม็ดเลือดแดงของปลาดุกด้านลดลงการยอมรับการติดเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophilla* ของปลาดุกด้านจะเพิ่มมากขึ้นในน้ำที่มีแอมโมเนียสูงและออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ การเลี้ยงปลาดุกด้านในสภาพที่ไม่มีการเติมออกซิเจนในน้ำที่มีระดับความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.75 และ 3.50 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกด้านต่ำกว่าที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลาสามสัปดาห์แรก วรรณะ,2529 อ้างโดย ศักดิ์ชัย(2530) กล่าวว่าอันอิออนไนซ์แอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การเจริญเติบโตของปลา chanel catfish ลดลงซึ่งเป็นผลจากการหยุดชะงักของขบวนการเมตาบอลิซึม เนื่องจากขาดสมดุลของของเหลวในร่างกายและขาดออกซิเจน เพราะว่าเหงือกถูกทำลายและปลาต้องสูญเสียพลังงานเพื่อใช้ในการกำจัดพิษออกจากร่างกายอีกด้วย ( Robinette, 1976 อ้างโดย ปภาศิริ และคณะ, 2528)

**ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนีย**

1. อุณหภูมิ ( T ) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำมีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนีย และที่อุณหภูมิสูงขึ้นสามารถทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียสูงขึ้น ( ศักดิ์ชัย, 2530) ซึ่งมีผลต่ออัตราการฟักการเจริญเติบโตและอัตราการรอดชีวิตของสัตว์น้ำ อุณหภูมิภายในร่างกายปลาไม่ควรต่างจากอุณหภูมิของน้ำ 0.5 - 1.0 $C^0$ (เกรียงศักดิ์,2543)

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ( DO ) ไม่ควรต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่สามารถทำให้ปลาตายได้มีค่าระหว่าง 0.1 - 2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นพิษของแอมโมเนียจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำ (ศักดิ์ชัย, 2530)

3. ความเค็ม ( Salinity ) เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมปริมาณน้ำและเกลือแร่ในร่างกายของสัตว์น้ำการเปลี่ยนความเค็มอย่างกะทันหันจะมีผลกระทบและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ เมื่อความเค็มสูงขึ้นความเป็นพิษของแอมโมเนียจะลดลง (สมชาย, 2540) เนื่องจากความเค็มสามารถลดความเครียดในปลาได้ Boyd, 1981 อ้างโดย ศักดิ์ชัย (2530) กล่าวว่าออกซิเจนที่ละลายปนน้ำได้น้อยลงถ้าความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น

4. ความเป็นกรดเป็นด่าง ( pH ) ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 6.5 – 9 และที่ pH ต่ำกว่า 4.3 หรือสูงกว่า 11 จะทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตหรือเจริญเติบโตได้ (ประเทือง,2536) และถ้าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีผลต่อสมดุลระหว่างอันไอออนไนซ์แอมโมเนียและอิออนไนซ์แอมโมเนียทำให้เหงือกปลาถูกทำลาย ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนน้ำและเกลือแร่ลดลง (สมชาย, 2540)

## ซีโอไลท์

ซีโอไลท์ (Zeolite) เป็นสารประกอบอลูมิโนซิลิเกต( $Al_2O_3,SiO_2$ ) ที่มีโซเดียมและแคลเซียมเป็นองค์ประกอบเป็นแร่ทุติยภูมิที่เกิดในช่องว่างของหินอัคนีที่เป็นด่างแหล่งที่พบซีโอไลท์ คือ ทวีปเอเชีย ยุโรป อเมริกาเหนือและแอฟริกา (ทัศนีย์, 2537) ซีโอไลท์ที่ได้จากธรรมชาติเป็นแร่ธาตุจำพวกหินพบบริเวณภูเขาไฟเก่านำมาบดให้ได้ขนาดความต้องการ ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนโครงสร้างอยู่ในรูปลักษณะของวงแหวนก่อให้เกิดช่องว่างภายในจำนวนมาก ซึ่งสามารถดูดซับอนุภาคของธาตุต่างๆ ตลอดจนโมเลกุลของสารอินทรีย์และน้ำมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ปัจจุบัน ซีโอไลท์นั้นมีทั้งที่พบในธรรมชาติรวมทั้งการสังเคราะห์ขึ้นมา

## คุณสมบัติของซีโอไลท์

ซีโอไลท์มีคุณสมบัติพิเศษในการแลกเปลี่ยนและดูดซับประจุไฟฟ้าโดยทำงานในลักษณะปฏิกิริยาทางเคมี โดยการแลกเปลี่ยนอิออนหรือปฏิกิริยาแบบขั้วไฟฟ้าเมื่อใส่ซีโอไลท์ลงในน้ำ ซีโอไลท์จะแสดงตัวเป็นประจุลบหรือขั้วลบและจับกับสารที่มีประจุบวกหรือขั้วบวกที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่นแอมโมเนีย หรือโลหะหนัก ซีโอไลท์มีจุดเดือดประมาณ 200 $C^0$ ซีโอไลท์มีสูตรเคมีทั่วไป คือ $M_xD_y(Al_{x+2y}\ Si_{n-(x+2y)}\ O_{2n})\cdot m\ H_2O$ เมื่อ M คือ Na, K หรือ อิออนหนึ่งบวก D คือ Mg,Ca,Sr,Ba หรือ อิออน สองบวก กรรณิการ์ (2543) รายงานว่าซีโอไลท์ธรรมชาติแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 . natrolite, mesolite และ scolecite

2 . thomsonite และ gonnardite

3 . stellerite, stilbite และ barrerite

4 . heulandite และ clinoptilolite

5 . phillipsite และ harmotome

**การทำงานของซีโอไลท์**

ซีโอไลท์จะทำงานในลักษณะปฏิกิริยาทางเคมี โดยการแลกเปลี่ยนอิออนหรือปฏิกิริยาแบบขั้วไฟฟ้า เมื่อใส่ซีโอไลท์ลงในน้ำซีโอไลท์จะแสดงตัวเป็นประจุลบหรือขั้วลบ Z แล้วจับกับสารพวกที่มีประจุบวก X ที่ละลายในน้ำ เช่น แอมโมเนีย หรือโลหะหนัก เช่น ตะกั่วลักษณะการทำงาน ดังภาพที่ 1

ซีโอไลท์ สารที่มีประจุบวก ปฏิกิริยาแบบเคมี หรือ ปฏิกิริยาแบบขั้วไฟฟ้า

**ภาพที่** 1 การทำงานของซีโอไลท์ (นิรนาม, 2535 )

**ประโยชน์ของซีโอไลท์**

ซีโอไลท์ถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่าง แต่เดิมซีโอไลท์มักจะถูกนำมาใช้ในด้านสมบัติ Molecular sieve (ทัศนีย์, 2537) ปัจจุบันพบว่าซีโอไลท์มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งซีโอไลท์มีคุณสมบัติเป็น acid catalyst นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อซีโอไลท์แลกเปลี่ยนโปรตอนด้วยอิออนของโลหะจะทำให้ซีโอไลท์มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพิเศษมาก ขึ้น และการทำน้ำกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนก็ใช้คุณสมบัติของการแลกเปลี่ยนประจุซีโอไลท์ด้วย เช่น กัน Jorgensen et al. (1976) กล่าวว่าซีโอไลท์ (clinoptilolite) นั้นสามารถแลกเปลี่ยนไอออน และเคลื่อนย้ายแอมโมเนียได้ดี นอกจากนี้ยังราคาไม่แพงซึ่ง ปัจจุบันมีการนำซีโอไลท์มาใช้ในด้านการเกษตรกรรมเพื่อดูดซับสารต่างๆเช่น สารอาหารจากพืชที่มีการปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ ผสมในวิตามิน เพื่อดูดความชื้นหรือผสมอาหารสัตว์บกเพื่อลดกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์และยังช่วยในการย่อยอาหารได้ดี Bergero et al. (1997) กล่าวว่าซีโอไลท์มีความสามารถดูดซับแอมโมเนียในกระเพาะอาหารวัวและปลดปล่อยไอออนที่มีประจุไฟฟ้าบวก ทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะอาหารลดลงและถ้าปริมาณ ซีโอไลท์ต่ำมากจะทำให้พิษของแอมโมเนียเป็นอันตรายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ซีโอไลท์ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพดินในการปลูกพืชด้วย เพราะซีโอไลท์จะทำให้ดินอุ้มน้ำและธาตุอาหารสูงเป็นการเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนประจุบวก Cation Exchange Capacity (C.E.C) ให้แก่ดินและรักษาความชื้นให้ดินและเมื่อสารประกอบนี้ละลายตัวจะปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ให้แก่ดินเช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และเหล็กเป็นต้น ส่วนด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้นำซีโอไลท์มาใช้แก้ปัญหาก๊าซพิษในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น แอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟล์ ซีโอไลท์ยังเป็นตัวกรองโลหะหนัก เช่น $Pb^{2+}$, $Ag^{+}$และ $Cd^{2+}$ ทัศนีย์ (2537) กล่าวว่าในวงการเลี้ยงกุ้งมีการนำซีโอไลท์มาใช้กันอย่างกว้างขวาง เพื่อดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟต์หรือก๊าซพิษอื่นๆ โดยใช้ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเลี้ยงกุ้ง 4 เดือน จะมีการใช้ซีโอไลท์ 3 ครั้ง อย่างไรก็ตาม สมาน (2538) ได้พบว่าการใช้ซีโอไลท์ในอัตราส่วน 20 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกๆ 15 วันสามารถลดแอมโมเนียให้ต่ำลงได้ในช่วง 8 วันแรกและหลังจากนั้นซีโอไลท์ไม่มีผลต่อปริมาณแอมโมเนียในบ่อ และการใช้ซีโอไลท์ในอัตรานี้ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งทดลองและสามารถลดต้นทุนในการดำเนินการและเพิ่มผลผลิตได้ นอกจากนี้ซีโอไลท์ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆอีกได้แก่

1 ช่วยลดแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อเลี้ยงทำให้สัตว์น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น

2 การทำปศุสัตว์การเพิ่มซีโอไลท์ในอาหาร ( สัตว์ปีก, วัวควายและหมูเป็นต้น ) เป็นการเพิ่มน้ำหนักให้อาหารเป็นแหล่งไนโตรเจนและลดอัตราการตายกำจัดกลิ่นและทำให้มูลสัตว์แห้งเร็ว

3 ช่วยในการกรองทำให้น้ำบริสุทธิ์โดยแยกเอาของแข็งและคอลลอยด์ออก

4 นำมาใช้ในการผลิตกระดาษและกำจัดกัมมันตภาพรังสีเป็นต้น (กรรณิการ์, 2543)

5 ใช้ดูดซับความชื้น ฟอกก๊าซหรือสารละลายต่างๆ

6 นำซีโอไลท์มาผลิตปุ๋ยที่ละลายช้าได้

**ผลเสียของการใช้ซีโอไลท์**

ดีพร้อม (2544) รายงานว่า เมื่อใช้ซีโอไลท์ปลอมจับแอมโมเนียจะจับสารพิษไม่ได้เพราะไม่มีช่องที่โปร่งพรุนอยู่ในเนื้อสารจึงทำให้เกิดการเสียค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์และเสียโอกาสเพราะกุ้งอ่อนแอลง โดยที่น้ำจะโปร่งแสงแต่สารอินทรีย์ตกลงไปพื้นบ่อแล้วบูดเน่า เกิดการแย่งออกซิเจนที่พื้นบ่อซึ่งทำให้เกิดแอมโมเนีย ทำให้กุ้งโตช้าไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการและผลเสียที่ร้ายแรงคือ การใช้ซีโอไลท์หนัก (คาร์โอลิไนท์ หรือ คาร์โอลิน) ซึ่งไม่จับแอมโมเนีย ไม่จับไฮโดรเจนซัลไฟต์และสารพิษในน้ำ แต่จะทำหน้าที่เป็นที่เกาะโปรตีนที่ละลายในน้ำเมื่อมากขึ้นก็จะจมลงพื้นบ่อทำให้กุ้งเกิดอาการเครียดภูมิคุ้มกันโรคลดลง กุ้งติดเชื้อง่ายและตายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1. ขวดโหลพลาสติกขนาดความจุ 1 ลิตร จำนวน 48 ใบ
2. กระชอนตาถี่
3. เครื่องแก้วและสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
4. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) HANNA รุ่น HI 9025
5. เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ( DO meter) YSI 550
6. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer ) Milton roy spectronic 20D
7. ตู้อบ( hot air oven )
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก
9. ถังพลาสติก ขนาด 36x50x24 เซนติเมตร จำนวน 6 ถัง
10. โถดูดความชื้น ( descicator )
11. Zeolite ( clinoptilolite )
12. Salinometer

## วิธีการ

### แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ factorial 2 ปัจจัย ปัยจัยแรกใช้ zeolite ที่ระดับ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัม ปัจจัยที่สองแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ส่วนในล้าน ทำการทดลองทั้งหมด 4 การทดลองได้แก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันโดยในแต่ละกลุ่มการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ

### วิธีการทดลอง

1. ขั้นตอนการเตรียมน้ำ

1.1 ใช้ถังพลาสติกขนาด 36X50X24 เซนติเมตร จำนวน 6 ใบล้างทำความสะอาด เติมน้ำประปา 2 ถังพักน้ำ 1 – 2 วัน

1.2 เตรียมน้ำเค็มผสมกับถังน้ำที่เตรียมไว้ข้างต้นให้ได้ความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันโดยทำการทดลองที่ละระดับความเค็ม

2. ขั้นตอนการเตรียมแอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 เตรียมstockแอมโมเนีย 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเจือจางแอมโมเนียให้ได้ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$ ระดับความเข้มข้นละ 13 ลิตร โดยจะต้องใช้ stock แอมโมเนีย100 มิลลิกรัมต่อลิตรดังนี้ 65, 130 ,195 และ 260 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับใส่ถังพลาสติกแล้วปิดฝา

2.2 นำน้ำที่เตรียมใส่ไว้ในโหลพลาสติกความจุ 1 ลิตร จำนวน 12 โหลทำทุกระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียจะได้ทั้งหมด 48 ตัวอย่าง

3. ขั้นตอนการเตรียม Zeolite (clinoptilolite)

3.1 ชั่ง Zeolite ที่ปริมาณ 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัม ใส่ถุงพลาสติกขนาดเล็กอย่างละ 12 ถุงในทุกระดับความเค็ม

3.2 ชั่ง Zeolite แบบนี้ทุกระดับความเค็มที่ทำการทดลอง

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังพลาสติกที่เตรียมก่อนการทดลองและหลังใส่ซีโอไลท์ 30 นาที และวิเคราะห์ที่เวลา 3, 6, 9, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

2. อุณหภูมิใช้เครื่องวัดปริมาณออกวิเจนที่ละลายในน้ำ (DO meter ) รุ่น YSI 5902

3. ความเป็นกรดเป็นด่างใช้เครื่องวัด (pH meter ) HANNA รุ่น HI 9025

4. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำใช้เครื่อง(DO meter ) รุ่น YSI 5902

5. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนวิเคราะห์โดยวิธี Standard Methods for the Examination of water and wastewater โดยรอให้ทำปฏิกิริยานานกว่า 1 ชั่วโมงแต่ ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมงแล้วนำไปวัดค่าด้วยเครื่อง ( Spectro photometer ) รุ่น Milton roy spectronic 20D

**การบันทึกข้อมูล**

บันทึกข้อมูลวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการทดลองและหลังใส่ ซีโอไลท์ 30 นาที 3, 6, 9, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการทดลองและหลังใส่ซีโอไลท์ ที่เวลา 30 นาที 3, 6, 9, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง มาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรม SPSS version 10 โดยวิธีของ Duncan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สถานที่ทำการทดลอง**

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ระยะเวลาในการทดลอง**

เริ่มทำการทดลองเดือน พฤศจิกายน 2546 ถึงเดือน เมษายน 2547




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

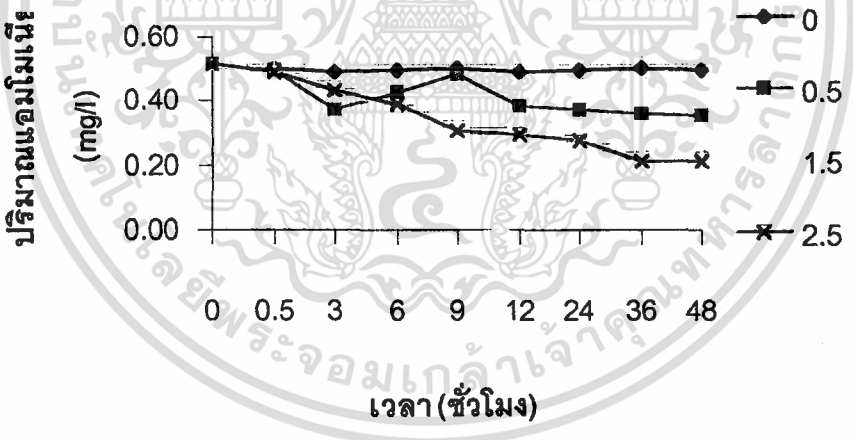
## ผลการทดลองและวิจารณ์

### การทดลองที่ 1

ผลการทดลองใช้ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ระดับความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน โดยใช้ซีโอไลท์ที่ระดับ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 , 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

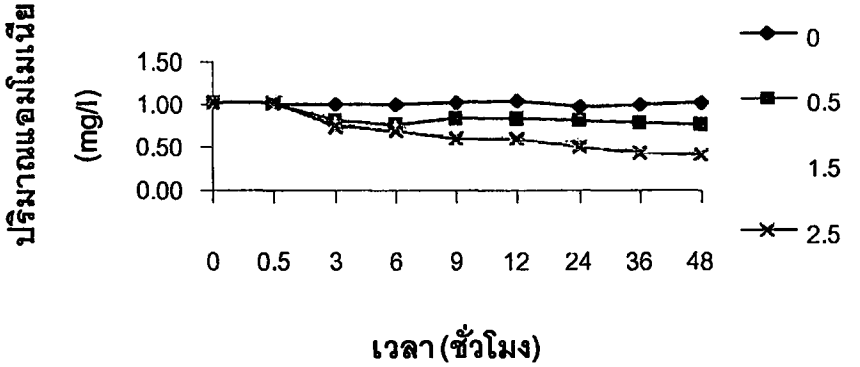
### ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ($NH_3$)

พบว่าค่าแอมโมเนียมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) และพบว่าซีโอไลท์ที่ปริมาณ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียทุกระดับความเข้มข้นได้ดีที่สุด 59.02, 59.90, 59.40 และ 58.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับความเข้มข้นแอมโมเนีย และ พบว่าที่ระดับปริมาณซีโอไลท์ที่เพิ่มขึ้นสามารถลดแอมโมเนียได้ดีขึ้น และที่ระดับความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน การลดแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้นไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 2.5 กรัมต่อลิตร (ภาพที่ 2 – 4 และ ตารางที่ 1)

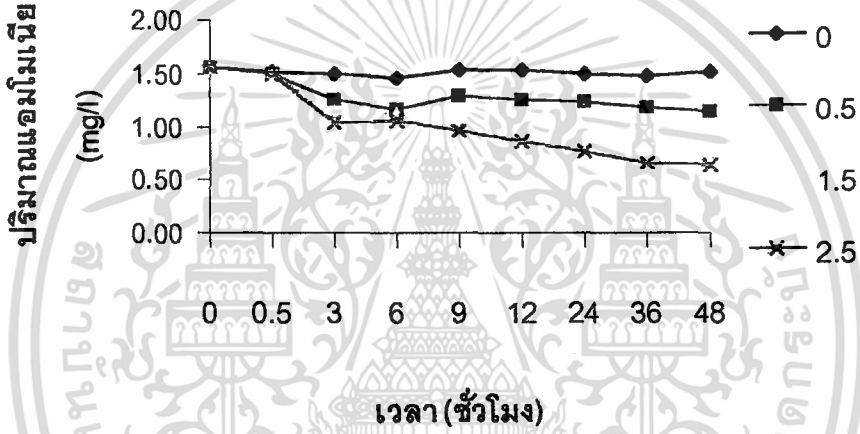



**ภาพที่ 2** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

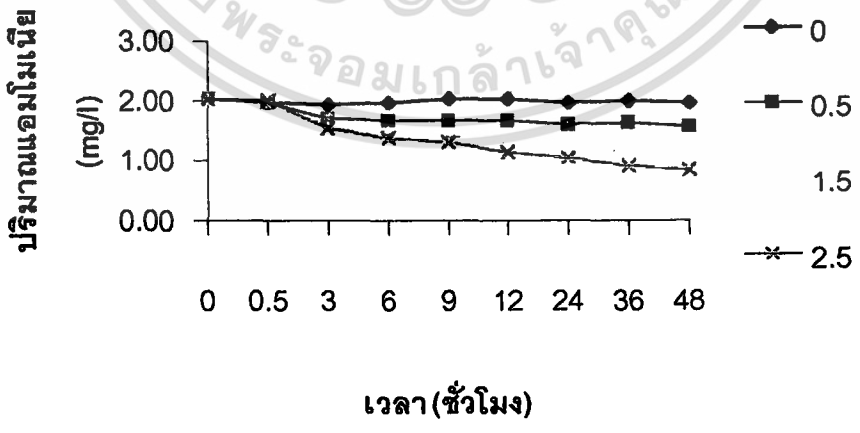
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่** 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง




**ภาพที่** 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง




**ภาพที่** 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | | เปอร์เซ็นต์ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 | การลดลง |
| 0.5 | 0.0 | 0.515$^{a}$ | 0.498$^{a}$ | 0.489$^{c}$ | 0.497$^{b}$ | 0.503$^{b}$ | 0.487$^{c}$ | 0.496$^{d}$ | 0.503$^{d}$ | 0.497$^{d}$ | 3.49 |
| | 0.5 | 0.515$^{a}$ | 0.495$^{a}$ | 0.368$^{a}$ | 0.429$^{b}$ | 0.480$^{ab}$ | 0.385$^{b}$ | 0.372$^{c}$ | 0.357$^{c}$ | 0.351$^{c}$ | 31.84 |
| | 1.5 | 0.515$^{a}$ | 0.503$^{a}$ | 0.418$^{ab}$ | 0.384$^{a}$ | 0.384$^{ab}$ | 0.306$^{a}$ | 0.290$^{b}$ | 0.266$^{b}$ | 0.247$^{b}$ | 52.03 |
| | 2.5 | 0.515$^{a}$ | 0.490$^{a}$ | 0.432$^{a}$ | 0.389$^{a}$ | 0.302$^{a}$ | 0.291$^{a}$ | 0.269$^{a}$ | 0.208$^{a}$ | 0.211$^{a}$ | 59.02 |
| 1.0 | 0.0 | 1.020$^{a}$ | 1.001$^{a}$ | 1.000$^{b}$ | 0.987$^{b}$ | 1.015$^{d}$ | 1.039$^{d}$ | 0.963$^{d}$ | 0.982$^{d}$ | 1.021$^{d}$ | 0 |
| | 0.5 | 1.020$^{a}$ | 0.989$^{a}$ | 0.807$^{a}$ | 0.753$^{a}$ | 0.836$^{c}$ | 0.834$^{c}$ | 0.799$^{c}$ | 0.794$^{c}$ | 0.756$^{c}$ | 25.88 |
| | 1.5 | 1.020$^{a}$ | 0.993$^{a}$ | 0.789$^{a}$ | 0.740$^{a}$ | 0.692$^{b}$ | 0.665b | 0.565$^{b}$ | 0.543$^{b}$ | 0.524$^{b}$ | 48.62 |
| | 2.5 | 1.020$^{a}$ | 1.005$^{a}$ | 0.740$^{a}$ | 0.698$^{a}$ | 0.608$^{a}$ | 0.593$^{a}$ | 0.506$^{a}$ | 0.434$^{a}$ | 0.409$^{a}$ | 59.9 |
| 1.5 | 0.0 | 1.552$^{a}$ | 1.512$^{c}$ | 1.492$^{b}$ | 1.467$^{c}$ | 1.537$^{d}$ | 1.533$^{d}$ | 1.489$^{d}$ | 1.470$^{d}$ | 1.505$^{d}$ | 3.02 |
| | 0.5 | 1.552$^{a}$ | 1.496$^{ab}$ | 1.255$^{ab}$ | 1.165$^{b}$ | 1.290$^{c}$ | 1.250$^{c}$ | 1.229$^{c}$ | 1.177$^{c}$ | 1.140$^{c}$ | 26.54 |
| | 1.5 | 1.552$^{a}$ | 1.503$^{bc}$ | 1.133$^{a}$ | 1.128$^{b}$ | 1.039$^{b}$ | 1.025$^{b}$ | 0.920$^{b}$ | 0.815$^{b}$ | 0.770$^{b}$ | 50.38 |
| | 2.5 | 1.552$^{a}$ | 1.490$^{a}$ | 1.025$^{a}$ | 1.052$^{a}$ | 0.947$^{a}$ | 0.866$^{a}$ | 0.757$^{a}$ | 0.650$^{a}$ | 0.630$^{a}$ | 59.4 |
| 2.0 | 0.0 | 2.020$^{a}$ | 1.977$^{a}$ | 1.932$^{b}$ | 1.969$^{d}$ | 2.049$^{c}$ | 2.049$^{d}$ | 1.974$^{d}$ | 2.002$^{d}$ | 1.980$^{d}$ | 1.98 |
| | 0.5 | 2.020$^{a}$ | 1.967$^{a}$ | 1.687$^{a}$ | 1.654$^{c}$ | 1.659$^{b}$ | 1.683$^{c}$ | 1.584$^{c}$ | 1.617$^{c}$ | 1.574$^{c}$ | 22.07 |
| | 1.5 | 2.020$^{a}$ | 2.015$^{b}$ | 1.523$^{a}$ | 1.457$^{b}$ | 1.384$^{a}$ | 1.370$^{b}$ | 1.220$^{b}$ | 1.133$^{b}$ | 1.049$^{b}$ | 48.06 |
| | 2.5 | 2.020$^{a}$ | 2.010$^{b}$ | 1.532$^{a}$ | 1.365$^{a}$ | 1.304$^{a}$ | 1.133$^{a}$ | 1.018$^{a}$ | 0.913$^{a}$ | 0.840$^{a}$ | 58.41 |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความเป็นกรดเป็นด่าง ( pH )**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) พบว่าทุกระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียเมื่อเวลาผ่านไปค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เล็กน้อยใกล้เคียงกันแสดงว่าซีโอไลท์ไม่มีผลต่อกรเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 9 ซึ่งผลการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน (ตารางที่ 2) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงระหว่าง 7.83 ถึง 8.32

**ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ( DO )**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่ควรต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ และในการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 7.31 ถึง 8.18 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 3 ) และพบวาซีโอไลท์ไม่มีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเปลี่ยนแปลง

**อุณหภูมิ ($C^0$)**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) และอุณหภูมิในแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4) ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณแอมโมเนีย และในการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับแอมโมเนียต่างๆ ที่ไม่ใส่ซีโอไลท์ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าที่ใส่ซีโอไลท์และอุณหภูมิระหว่างการทดลองอยู่ระช่วงระหว่าง 24.1 ถึง 25.9 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2** การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 8.01[a] | 8.11[a] | 8.13[a] | 8.16[a] | 8.07[a] | 8.13[a] | 8.23[a] | 8.29[a] | 8.32[a] |
| | 0.5 | 8.01[a] | 8.04[a] | 8.07[a] | 8.11[a] | 7.98[a] | 8.11[a] | 8.16[a] | 8.24[a] | 8.29[a] |
| | 1.5 | 8.01[a] | 7.99[a] | 8.02[a] | 8.05[a] | 8.04[a] | 8.09[a] | 8.12[a] | 8.26[a] | 8.24[a] |
| | 2.5 | 8.01[a] | 7.94[a] | 7.98[a] | 8.01[a] | 8.01[a] | 8.07[a] | 8.08[a] | 8.17[a] | 8.22[a] |
| 1.0 | 0.0 | 7.91[a] | 8.00[a] | 8.02[a] | 8.06[a] | 8.08[a] | 8.14[a] | 8.11[a] | 8.17[a] | 8.21[a] |
| | 0.5 | 7.91[a] | 7.96[a] | 7.99[a] | 8.02[a] | 8.04[a] | 8.09[a] | 8.09[a] | 8.15[a] | 8.19[a] |
| | 1.5 | 7.91[a] | 7.94[a] | 7.96[a] | 8.00[a] | 8.01[a] | 8.05[a] | 8.05[a] | 8.13[a] | 8.16[a] |
| | 2.5 | 7.91[a] | 7.91[a] | 7.93[a] | 7.97[a] | 8.00[a] | 8.02[a] | 8.05[a] | 8.12[a] | 8.16[a] |
| 1.5 | 0.0 | 7.83[a] | 7.98[a] | 8.01[a] | 8.05[a] | 8.05[a] | 8.08[a] | 8.09[a] | 8.15[a] | 8.16[a] |
| | 0.5 | 7.83[a] | 7.96[a] | 7.98[a] | 8.02[a] | 8.04[a] | 8.06[a] | 8.08[a] | 8.13[a] | 8.15[a] |
| | 1.5 | 7.83[a] | 7.93[a] | 7.95[a] | 7.99[a] | 8.01[a] | 8.04[a] | 8.06[a] | 8.12[a] | 8.14[a] |
| | 2.5 | 7.83[a] | 7.92[a] | 7.94[a] | 7.98[a] | 8.01[a] | 8.03[a] | 8.05[a] | 8.12[a] | 8.12[a] |
| 2.0 | 0.0 | 7.88[a] | 7.96[a] | 8.00[a] | 8.05[a] | 8.05[a] | 8.06[a] | 8.04[a] | 8.15[a] | 8.15[a] |
| | 0.5 | 7.88[a] | 7.95[a] | 7.98[a] | 8.02[a] | 8.03[a] | 8.04[a] | 8.05[a] | 8.14[a] | 8.14[a] |
| | 1.5 | 7.88[a] | 7.94[a] | 7.95[a] | 8.00[a] | 8.01[a] | 8.03[a] | 8.05[a] | 8.12[a] | 8.12[a] |
| | 2.5 | 7.88[a] | 7.93[a] | 7.95[a] | 7.99[a] | 8.01[a] | 8.02[a] | 8.04[a] | 8.11[a] | 8.12[a] |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3** การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 7.44[a] | 7.44[a] | 7.60[a] | 7.63[a] | 7.72[a] | 7.82[a] | 7.49[a] | 7.69[a] | 7.37[a] |
| | 0.5 | 7.44[a] | 7.43[a] | 7.53[a] | 7.66[a] | 7.73[a] | 7.95[a] | 7.58[a] | 7.81[a] | 7.39[a] |
| | 1.5 | 7.44[a] | 7.42[a] | 7.60[a] | 7.66[a] | 7.76[a] | 7.94[a] | 7.55[a] | 7.75[a] | 7.43[a] |
| | 2.5 | 7.44[a] | 7.45[a] | 7.58[a] | 7.62[a] | 7.66[a] | 7.99[a] | 7.53[a] | 7.75[a] | 7.32[a] |
| 1.0 | 0.0 | 7.41[a] | 7.39[a] | 7.54[a] | 7.61[a] | 7.63[a] | 8.01[a] | 7.52[a] | 7.79[a] | 7.32[a] |
| | 0.5 | 7.41[a] | 7.46[a] | 7.53[a] | 7.63[a] | 7.74[a] | 8.11[a] | 7.52[a] | 7.80[a] | 7.31[a] |
| | 1.5 | 7.41[a] | 7.36[a] | 7.53[a] | 7.66[a] | 7.78[a] | 8.11[a] | 7.53[a] | 7.82[a] | 7.30[a] |
| | 2.5 | 7.41[a] | 7.38[a] | 7.54[a] | 7.64[a] | 7.79[a] | 8.12[a] | 7.50[a] | 7.81[a] | 7.47[a] |
| 1.5 | 0.0 | 7.37[a] | 7.39[a] | 7.58[a] | 7.83[a] | 7.81[a] | 8.11[a] | 7.46[a] | 7.83[a] | 7.35[a] |
| | 0.5 | 7.37[a] | 7.36[a] | 7.58[a] | 7.85[a] | 7.78[a] | 8.18[a] | 7.56[a] | 7.86[a] | 7.37[a] |
| | 1.5 | 7.37[a] | 7.39[a] | 7.60[a] | 7.88[a] | 7.85[a] | 8.13[a] | 7.51[a] | 7.87[a] | 7.36[a] |
| | 2.5 | 7.37[a] | 7.43[a] | 7.60[a] | 7.96[a] | 7.89[a] | 8.14[a] | 7.58[a] | 7.83[a] | 7.39[a] |
| 2.0 | 0.0 | 7.39[a] | 7.39[a] | 7.58[a] | 7.97[a] | 7.83[a] | 8.07[a] | 7.53[a] | 7.80[a] | 7.30[a] |
| | 0.5 | 7.39[a] | 7.42[a] | 7.55[a] | 7.99[a] | 7.86[a] | 8.10[a] | 7.54[a] | 7.83[a] | 7.30[a] |
| | 1.5 | 7.39[a] | 7.43[a] | 7.60[a] | 8.04[a] | 7.85[a] | 8.18[a] | 7.55[a] | 7.74[a] | 7.35[a] |
| | 2.5 | 7.39[a] | 7.39[a] | 7.50[a] | 8.01[a] | 7.84[a] | 8.16[a] | 7.56[a] | 7.81[a] | 7.32[a] |

* อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4** การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ($C^0$) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 24.4[a] | 24.3[a] | 24.3[a] | 25.0[a] | 25.3[a] | 25.6[a] | 24.7[a] | 25.9[a] | 25.3[a] |
| | 0.5 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.2[a] | 24.5[a] | 25.0[a] | 25.2[a] | 24.7[a] | 25.8[a] | 25.3[a] |
| | 1.5 | 24.4[a] | 24.5[a] | 24.1[a] | 24.5[a] | 24.6[a] | 25.2[a] | 24.8[a] | 25.7[a] | 25.3[a] |
| | 2.5 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.2[a] | 24.8[a] | 25.3[a] | 25.4[a] | 24.8[a] | 25.8[a] | 25.4[a] |
| 1.0 | 0.0 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.3[a] | 25.1[a] | 25.3[a] | 25.6[a] | 24.7[a] | 25.8[a] | 25.4[a] |
| | 0.5 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.2[a] | 24.6[a] | 25.1[a] | 25.2[a] | 24.7[a] | 25.7[a] | 25.3[a] |
| | 1.5 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.1[a] | 24.4[a] | 24.9[a] | 25.4[a] | 24.7[a] | 25.6[a] | 25.3[a] |
| | 2.5 | 24.4[a] | 24.3[a] | 24.3[a] | 24.9[a] | 25.3[a] | 25.4[a] | 24.7[a] | 25.7[a] | 25.4[a] |
| 1.5 | 0.0 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.9[a] | 25.3[a] | 25.4[a] | 24.8[a] | 25.8[a] | 25.4[a] |
| | 0.5 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.2[a] | 24.5[a] | 25.0[a] | 25.1[a] | 24.8[a] | 25.6[a] | 25.3[a] |
| | 1.5 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.1[a] | 24.6[a] | 24.8[a] | 25.2[a] | 24.7[a] | 25.6[a] | 25.3[a] |
| | 2.5 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.3[a] | 24.9[a] | 25.2[a] | 25.4[a] | 24.9[a] | 25.7[a] | 25.4[a] |
| 2.0 | 0.0 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.3[a] | 24.9[a] | 25.3[a] | 25.5[a] | 24.7[a] | 25.8[a] | 25.4[a] |
| | 0.5 | 24.4[a] | 24.3[a] | 24.1[a] | 24.3[a] | 24.9[a] | 25.4[a] | 24.8[a] | 25.6[a] | 25.5[a] |
| | 1.5 | 24.4[a] | 24.4[a] | 24.1[a] | 24.5[a] | 24.8[a] | 25.0[a] | 24.8[a] | 25.6[a] | 25.4[a] |
| | 2.5 | 24.4[a] | 24.3[a] | 24.1[a] | 24.6[a] | 24.9[a] | 25.2[a] | 24.9[a] | 25.8[a] | 25.4[a] |

* อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$)

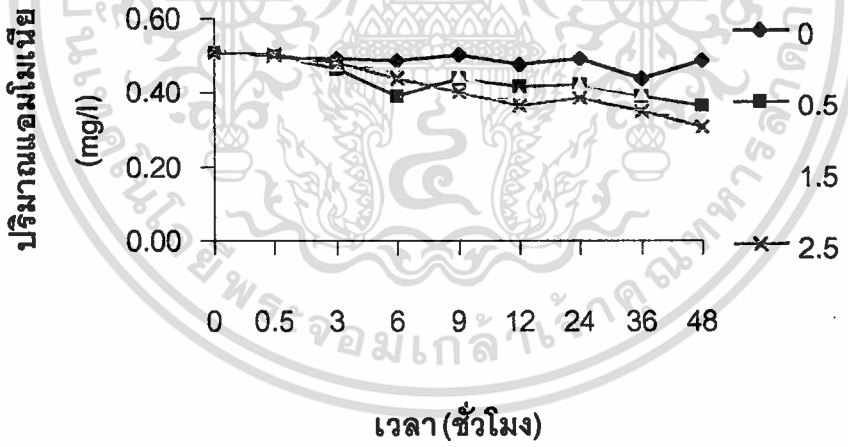
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองที่ 2**

ผลการทดลองใช้ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ระดับความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน โดยใช้ซีโอไลท์ที่ระดับ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 , 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

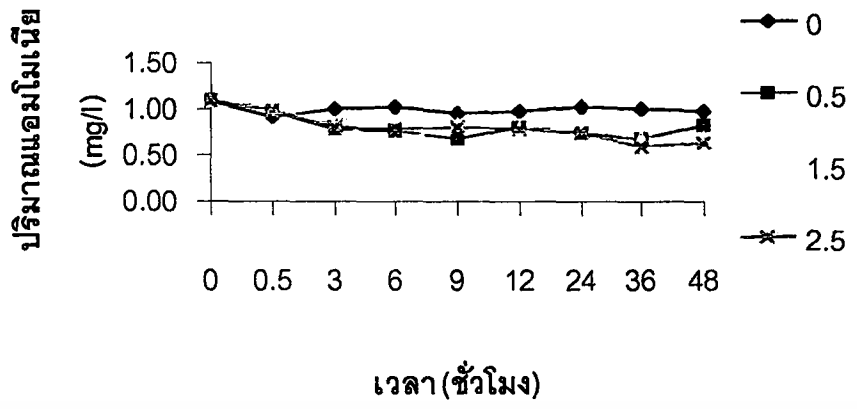
**ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ($NH_3$)**

พบว่าค่าแอมโมเนียมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยพบว่าซีโอไลท์ที่ปริมาณ 1.5 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดปริมาณแอมโมเนียทุกระดับแอมโมเนียได้ดีไม่แตกต่างกันรองลงมาคือที่ระดับ 0.5 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใส่ซีโอไลท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยตรง (ภาพที่ 6-9 และ ตารางที่ 5) และจากการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ซีโอไลท์ที่ 1.5 กรัมต่อลิตร เหมาะสมในการลดปริมาณแอมโมเนียที่ระดับไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ พบว่าความเค็มมีผลต่อการใช้ซีโอไลท์ในการลดแอมโมเนีย ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Emadi et al (2001) กล่าวว่าที่ความเค็มเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการทำงานของซีโอไลท์จะลดลง

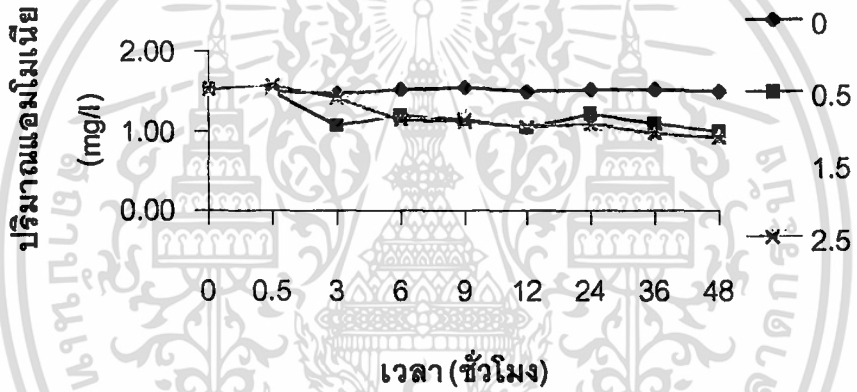



**ภาพที่ 6** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

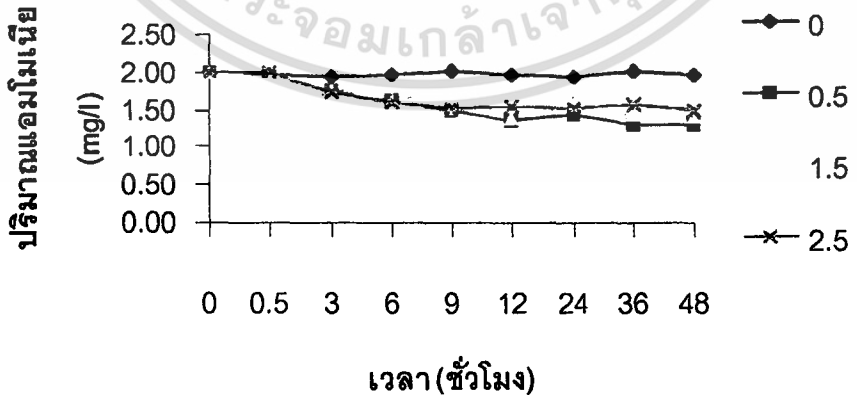
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99462




**ภาพที่** 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง




**ภาพที่** 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง




**ภาพที่** 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | | เปอร์เซ็นต์ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 | การลดลง |
| 0.5 | 0.0 | 0.508$^{a}$ | 0.491$^{a}$ | 0.492$^{a}$ | 0.488$^{a}$ | 0.506$^{b}$ | 0.475$^{b}$ | 0.492$^{b}$ | 0.440$^{a}$ | 0.490$^{c}$ | 3.54 |
| | 0.5 | 0.508$^{a}$ | 0.498$^{a}$ | 0.467$^{a}$ | 0.393$^{a}$ | 0.439$^{ab}$ | 0.418$^{ab}$ | 0.421$^{a}$ | 0.388$^{a}$ | 0.362$^{b}$ | 28.74 |
| | 1.5 | 0.508$^{a}$ | 0.494$^{a}$ | 0.476$^{a}$ | 0.454$^{a}$ | 0.444$^{ab}$ | 0.395$^{ab}$ | 0.422$^{a}$ | 0.394$^{a}$ | 0.262$^{a}$ | 48.42 |
| | 2.5 | 0.508$^{a}$ | 0.505$^{a}$ | 0.480$^{a}$ | 0.439$^{a}$ | 0.399$^{a}$ | 0.362$^{a}$ | 0.384$^{a}$ | 0.348$^{a}$ | 0.303$^{ab}$ | 40.35 |
| 1.0 | 0.0 | 1.081$^{a}$ | 0.911$^{a}$ | 1.009$^{b}$ | 1.017$^{b}$ | 0.967$^{c}$ | 0.982$^{b}$ | 1.015$^{b}$ | 1.009$^{b}$ | 0.979$^{b}$ | 9.43 |
| | 0.5 | 1.081$^{a}$ | 0.986$^{b}$ | 0.793$^{a}$ | 0.769$^{a}$ | 0.679$^{a}$ | 0.794$^{a}$ | 0.737$^{a}$ | 0.667$^{a}$ | 0.818$^{b}$ | 24.32 |
| | 1.5 | 1.081$^{a}$ | 0.999$^{b}$ | 0.842$^{a}$ | 0.640$^{a}$ | 0.838$^{b}$ | 0.807$^{a}$ | 0.753$^{a}$ | 0.689$^{a}$ | 0.699$^{a}$ | 35.33 |
| | 2.5 | 1.081$^{a}$ | 0.989$^{b}$ | 0.809$^{a}$ | 0.785$^{a}$ | 0.807$^{b}$ | 0.782$^{a}$ | 0.742$^{a}$ | 0.576$^{a}$ | 0.621$^{a}$ | 42.55 |
| 1.5 | 0.0 | 1.522$^{a}$ | 1.496$^{a}$ | 1.459$^{c}$ | 1.516$^{b}$ | 1.534$^{b}$ | 1.482$^{b}$ | 1.509$^{b}$ | 1.519$^{b}$ | 1.492$^{c}$ | 1.97 |
| | 0.5 | 1.522$^{a}$ | 1.493$^{a}$ | 1.053$^{a}$ | 1.178$^{a}$ | 1.138$^{a}$ | 1.049$^{a}$ | 1.223$^{a}$ | 1.076$^{a}$ | 0.991$^{b}$ | 34.88 |
| | 1.5 | 1.522$^{a}$ | 1.506$^{a}$ | 1.290$^{b}$ | 1.123$^{a}$ | 1.231$^{a}$ | 1.108$^{a}$ | 1.014$^{a}$ | 0.950$^{a}$ | 0.931$^{a}$ | 38.83 |
| | 2.5 | 1.522$^{a}$ | 1.572$^{a}$ | 1.418$^{c}$ | 1.128$^{a}$ | 1.102$^{a}$ | 1.049$^{a}$ | 1.081$^{a}$ | 0.966$^{a}$ | 0.915$^{a}$ | 39.88 |
| 2.0 | 0.0 | 1.983$^{a}$ | 1.968$^{a}$ | 1.940$^{b}$ | 1.969$^{b}$ | 2.012$^{b}$ | 1.957$^{b}$ | 1.939$^{b}$ | 2.025$^{c}$ | 1.970$^{c}$ | 0.65 |
| | 0.5 | 1.983$^{a}$ | 1.937$^{a}$ | 1.744$^{a}$ | 1.620$^{a}$ | 1.477$^{a}$ | 1.348$^{a}$ | 1.433$^{a}$ | 1.316$^{a}$ | 1.305$^{a}$ | 34.19 |
| | 1.5 | 1.983$^{a}$ | 1.944$^{a}$ | 1.747$^{a}$ | 1.615$^{a}$ | 1.506$^{a}$ | 1.380$^{a}$ | 1.590$^{a}$ | 1.438$^{ab}$ | 1.411$^{b}$ | 28.84 |
| | 2.5 | 1.983 | 2.002$^{a}$ | 1.735$^{a}$ | 1.590$^{a}$ | 1.507$^{a}$ | 1.534$^{a}$ | 1.524$^{a}$ | 1.561$^{b}$ | 1.502$^{b}$ | 24.25 |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความเป็นกรดเป็นด่าง ( pH )**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) พบว่าทุกระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียเมื่อเวลาผ่านไปค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงระหว่าง 7.64 ถึง 8.32(ตารางที่ 6) ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 6.5 – 9 เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ประเทือง, 2536)

**ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ( DO )**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) และในแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 7) ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน อยู่ในช่วงระหว่าง 5.45 ถึง 6.15 มิลลิกรัมต่อลิตร

**อุณหภูมิ** ($C^0$)

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) และอุณหภูมิในระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน อยู่ในช่วงระหว่าง 27.0 ถึง 28.4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20505



**ตารางที่ 6** การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite ก่อนใส่สาร | | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 7.72[a] | 7.76[a] | 7.79[a] | 7.78[a] | 7.78[a] | 7.76[a] | 7.73[a] | 7.83[a] | 7.80[a] |
| | 0.5 | 7.72[a] | 7.73[a] | 7.74[a] | 7.73[a] | 7.74[a] | 7.73[a] | 7.71[a] | 7.76[a] | 7.76[a] |
| | 1.5 | 7.72[a] | 7.70[a] | 7.71[a] | 7.70[a] | 7.72[a] | 7.69[a] | 7.70[a] | 7.72[a] | 7.73[a] |
| | 2.5 | 7.72[a] | 7.69[a] | 7.68[a] | 7.69[a] | 7.71[a] | 7.68[a] | 7.68[a] | 7.71[a] | 7.72[a] |
| 1.0 | 0.0 | 7.68[a] | 8.00[a] | 8.02[a] | 8.06[a] | 8.08[a] | 8.14[a] | 8.11[a] | 8.17[a] | 8.21[a] |
| | 0.5 | 7.68[a] | 7.96[a] | 7.99[a] | 8.02[a] | 8.04[a] | 8.09[a] | 8.09[a] | 8.15[a] | 8.19[a] |
| | 1.5 | 7.68[a] | 7.94[a] | 7.96[a] | 8.00[a] | 8.01[a] | 8.05[a] | 8.05[a] | 8.13[a] | 8.16[a] |
| | 2.5 | 7.68[a] | 7.95[a] | 7.93[a] | 7.97[a] | 8.00[a] | 8.02[a] | 8.05[a] | 8.12[a] | 8.16[a] |
| 1.5 | 0.0 | 7.64[a] | 7.98[a] | 8.01[a] | 8.05[a] | 8.05[a] | 8.08[a] | 8.09[a] | 8.15[a] | 8.16[a] |
| | 0.5 | 7.64[a] | 7.96[a] | 7.98[a] | 8.02[a] | 8.04[a] | 8.06[a] | 8.08[a] | 8.13[a] | 8.15[a] |
| | 1.5 | 7.64[a] | 7.93[a] | 7.95[a] | 7.99[a] | 8.01[a] | 8.04[a] | 8.06[a] | 8.12[a] | 8.40[a] |
| | 2.5 | 7.64[a] | 7.92[a] | 7.94[a] | 7.98[a] | 8.01[a] | 8.03[a] | 8.05[a] | 8.12[a] | 8.20[a] |
| 2.0 | 0.0 | 7.66[a] | 7.96[a] | 8.00[a] | 8.05[a] | 8.05[a] | 8.06[a] | 8.04[a] | 8.15[a] | 8.15[a] |
| | 0.5 | 7.66[a] | 7.95[a] | 7.98[a] | 8.02[a] | 8.03[a] | 8.04[a] | 8.05[a] | 8.14[a] | 8.14[a] |
| | 1.5 | 7.66[a] | 7.94[a] | 7.95[a] | 8.00[a] | 8.01[a] | 8.03[a] | 8.05[a] | 8.12[a] | 8.12[a] |
| | 2.5 | 7.66[a] | 7.93[a] | 7.95[a] | 7.99[a] | 8.01[a] | 8.02[a] | 8.04[a] | 8.11[a] | 8.12[a] |

* อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักวิทยบริการฯ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

**ตารางที่ 7** การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 5.90[a] | 5.89[a] | 5.97[a] | 5.95[a] | 5.98[a] | 5.92[a] | 5.86[a] | 6.01[a] | 6.15[a] |
| | 0.5 | 5.90[a] | 5.89[a] | 5.95[a] | 5.96[a] | 6.02[a] | 5.97[a] | 5.93[a] | 6.04[a] | 6.14[a] |
| | 1.5 | 5.90[a] | 5.92[a] | 5.91[a] | 5.94[a] | 6.02[a] | 5.95[a] | 5.95[a] | 6.01[a] | 6.14[a] |
| | 2.5 | 5.90[a] | 5.91[a] | 5.92[a] | 5.93[a] | 5.95[a] | 5.93[a] | 5.90[a] | 5.99[a] | 6.08[a] |
| 1.0 | 0.0 | 5.85[a] | 5.85[a] | 5.84[a] | 5.84[a] | 5.95[a] | 5.86[a] | 5.90[a] | 5.95[a] | 5.99[a] |
| | 0.5 | 5.85[a] | 5.86[a] | 5.88[a] | 8.85[a] | 5.93[a] | 5.83[a] | 5.88[a] | 5.92[a] | 6.00[a] |
| | 1.5 | 5.85[a] | 5.89[a] | 5.83[a] | 5.85[a] | 5.86[a] | 5.77[a] | 5.83[a] | 5.93[a] | 5.98[a] |
| | 2.5 | 5.85[a] | 5.92[a] | 5.86[a] | 5.76[a] | 5.66[a] | 5.46[a] | 5.69[a] | 5.84[a] | 5.92[a] |
| 1.5 | 0.0 | 5.80[a] | 5.80[a] | 5.81[a] | 5.70[a] | 5.64[a] | 5.45[a] | 5.60[a] | 5.74[a] | 5.85[a] |
| | 0.5 | 5.80[a] | 5.83[a] | 5.81[a] | 5.79[a] | 5.75[a] | 5.55[a] | 5.65[a] | 5.75[a] | 5.84[a] |
| | 1.5 | 5.80[a] | 5.84[a] | 5.82[a] | 5.78[a] | 5.79[a] | 5.63[a] | 5.68[a] | 5.81[a] | 5.84[a] |
| | 2.5 | 5.80[a] | 5.79[a] | 5.88[a] | 5.77[a] | 5.80[a] | 5.65[a] | 5.65[a] | 5.82[a] | 5.83[a] |
| 2.0 | 0.0 | 5.78[a] | 5.84[a] | 5.83[a] | 5.82[a] | 5.79[a] | 5.64[a] | 5.70[a] | 5.80[a] | 5.81[a] |
| | 0.5 | 5.78[a] | 5.90[a] | 5.84[a] | 5.85[a] | 5.85[a] | 5.68[a] | 5.74[a] | 5.81[a] | 5.85[a] |
| | 1.5 | 5.78[a] | 5.90[a] | 5.86[a] | 5.84[a] | 5.85[a] | 5.70[a] | 5.77[a] | 5.78[a] | 5.82[a] |
| | 2.5 | 5.78[a] | 5.90[a] | 5.87[a] | 5.81[a] | 5.81[a] | 5.68[a] | 5.78[a] | 5.86[a] | 5.82[a] |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 8** การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ($C^0$) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 27.8[a] | 27.9[a] | 27.6[a] | 28.1[a] | 28.1[a] | 27.8[a] | 27.6[a] | 27.5[a] | 27.3[a] |
| | 0.5 | 27.8[a] | 27.9[a] | 27.4[a] | 27.5[a] | 27.4[a] | 27.4[a] | 27.5[a] | 27.2[a] | 27.2[a] |
| | 1.5 | 27.8[a] | 27.9[a] | 27.4[a] | 28.1[a] | 28.3[a] | 27.4[a] | 27.5[a] | 27.2[a] | 27.1[a] |
| | 2.5 | 27.8[a] | 27.9[a] | 27.5[a] | 28.2[a] | 28.1[a] | 27.8[a] | 27.6[a] | 27.3[a] | 27.2[a] |
| 1.0 | 0.0 | 27.9[a] | 27.9[a] | 27.6[a] | 28.4[a] | 28.1[a] | 27.6[a] | 27.5[a] | 27.3[a] | 27.1[a] |
| | 0.5 | 27.9[a] | 27.9[a] | 27.6[a] | 27.1[a] | 27.6[a] | 27.3[a] | 27.4[a] | 27.3[a] | 27.0[a] |
| | 1.5 | 27.9[a] | 27.8[a] | 27.4[a] | 27.4[a] | 27.5[a] | 27.3[a] | 27.5[a] | 27.2[a] | 27.0[a] |
| | 2.5 | 27.9[a] | 27.8[a] | 27.5[a] | 28.3 | 27.8[a] | 27.6[a] | 27.5[a] | 27.3[a] | 27.1[a] |
| 1.5 | 0.0 | 27.8[a] | 27.8[a] | 27.5[a] | 28.2[a] | 27.8[a] | 27.6[a] | 27.5[a] | 27.3[a] | 27.1[a] |
| | 0.5 | 27.8[a] | 27.7[a] | 27.4[a] | 27.4[a] | 27.3[a] | 27.5[a] | 27.4[a] | 27.1[a] | 27.0[a] |
| | 1.5 | 27.8[a] | 27.7[a] | 27.4[a] | 28.2[a] | 27.4[a] | 27.4[a] | 27.4[a] | 27.2[a] | 27.1[a] |
| | 2.5 | 27.8[a] | 27.8[a] | 27.5[a] | 27.8[a] | 28.1[a] | 27.6[a] | 27.5[a] | 27.4[a] | 27.1[a] |
| 2.0 | 0.0 | 27.8[a] | 27.8[a] | 27.6[a] | 27.8[a] | 27.9[a] | 27.7[a] | 27.5[a] | 27.3[a] | 27.1[a] |
| | 0.5 | 27.8[a] | 27.7[a] | 27.3[a] | 27.4[a] | 27.5[a] | 27.3[a] | 27.5[a] | 27.4[a] | 27.0[a] |
| | 1.5 | 27.8[a] | 27.7[a] | 27.3[a] | 28.0[a] | 27.5[a] | 27.3[a] | 27.5[a] | 27.2[a] | 27.0[a] |
| | 2.5 | 27.8[a] | 27.7[a] | 27.6[a] | 28.1[a] | 27.7[a] | 27.7[a] | 27.6[a] | 27.3[a] | 27.1[a] |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

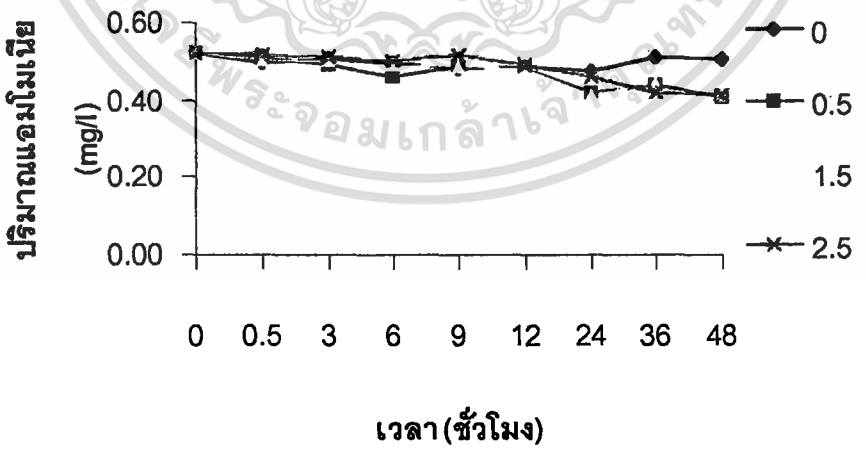
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองที่ 3**

ผลการทดลองใช้ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ระดับความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน โดยใช้ซีโอไลท์ที่ระดับ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 , 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

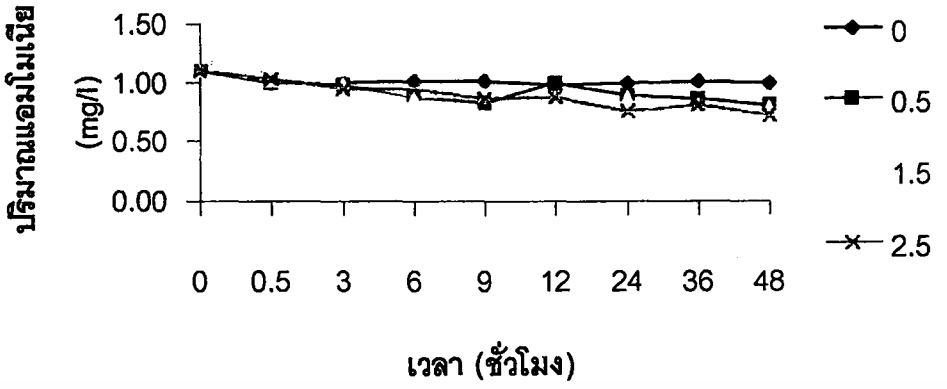
**ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ($NH_3$)**

พบว่ากลุ่มที่ใส่ซีโอไลท์และไม่ได้ใส่มีค่าแอมโมเนียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) และ พบว่าซีโอไลท์ที่ปริมาณ 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ใกล้เคียงกันที่ 21.49, 20.34, และ 20.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอไลท์ที่ปริมาณ 0.5 และ 1.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียได้ใกล้เคียงกันที่ 27.15 และ 27.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอไลท์ที่ปริมาณ 1.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียได้ดีที่สุด 25.4 เปอร์เซ็นต์ และที่ปริมาณซีโอไลท์ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียได้เพียง 2.50 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอไลท์ที่ปริมาณ 0.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียได้ดีที่สุด 20.81 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามที่ระดับความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน นี้ปริมาณการลดของแอมโมเนียที่ระดับซีโอไลท์ต่างๆ มีค่าน้อยกว่า กลุ่มควบคุมเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและซีโอไลท์ที่ 0.5 กรัมต่อลิตร เหมาะแก่การลดแอมโมเนียทุกระดับความเข้มข้น ที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน (ภาพที่ 10 -13 และ ตารางที่ 9)

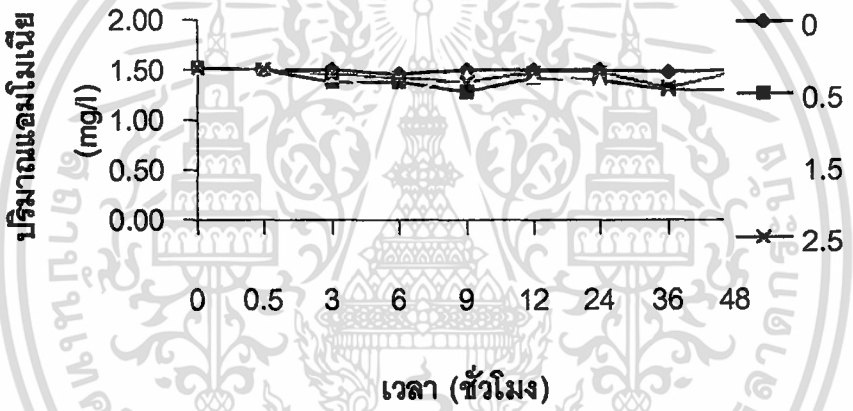



**ภาพที่** 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

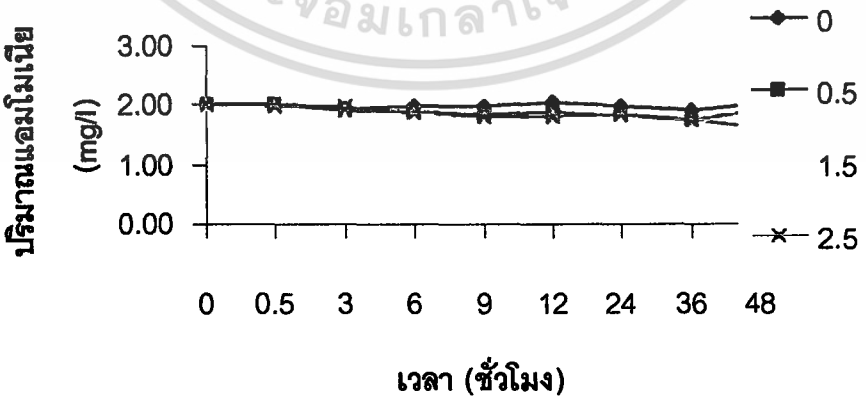
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่** 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง




**ภาพที่** 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง




**ภาพที่** 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 9** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | | เปอร์เซ็นต์ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 | การลด |
| 0.5 | 0.0 | 0.521$^{a}$ | 0.495$^{a}$ | 0.508$^{ab}$ | 0.497$^{b}$ | 0.483$^{a}$ | 0.488$^{a}$ | 0.478$^{a}$ | 0.510$^{b}$ | 0.507$^{b}$ | 2.68 |
| | 0.5 | 0.521$^{a}$ | 0.514$^{a}$ | 0.492$^{a}$ | 0.458$^{a}$ | 0.486$^{ab}$ | 0.480$^{a}$ | 0.416$^{a}$ | 0.441$^{a}$ | 0.409$^{a}$ | 21.49 |
| | 1.5 | 0.521$^{a}$ | 0.503$^{a}$ | 0.500$^{a}$ | 0.493$^{b}$ | 0.486$^{ab}$ | 0.480$^{a}$ | 0.413$^{a}$ | 0.443$^{a}$ | 0.415$^{a}$ | 20.34 |
| | 2.5 | 0.521$^{a}$ | 0.516$^{a}$ | 0.510$^{b}$ | 0.503$^{b}$ | 0.518$^{b}$ | 0.489$^{a}$ | 0.458$^{a}$ | 0.417$^{a}$ | 0.414$^{a}$ | 20.53 |
| 1.0 | 0.0 | 1.101$^{a}$ | 0.988$^{a}$ | 0.987$^{a}$ | 1.007$^{c}$ | 1.010$^{b}$ | 0.974$^{a}$ | 0.994$^{c}$ | 1.005$^{b}$ | 0.997$^{d}$ | 9.44 |
| | 0.5 | 1.101$^{a}$ | 0.990$^{a}$ | 0.971$^{a}$ | 0.884$^{a}$ | 0.834$^{a}$ | 1.001$^{a}$ | 0.899$^{bc}$ | 0.862$^{a}$ | 0.802$^{c}$ | 27.15 |
| | 1.5 | 1.101$^{a}$ | 1.015$^{ab}$ | 0.993$^{a}$ | 0.882$^{a}$ | 0.875$^{ab}$ | 0.884$^{a}$ | 0.884$^{b}$ | 0.804$^{a}$ | 0.795$^{b}$ | 27.79 |
| | 2.5 | 1.101$^{a}$ | 1.025$^{b}$ | 0.948$^{a}$ | 0.940$^{b}$ | 0.861$^{ab}$ | 0.880$^{a}$ | 0.750$^{a}$ | 0.810$^{a}$ | 0.726$^{a}$ | 34.05 |
| 1.5 | 0.0 | 1.518$^{a}$ | 1.502$^{ab}$ | 1.495$^{a}$ | 1.459$^{b}$ | 1.504$^{a}$ | 1.508$^{d}$ | 1.500$^{a}$ | 1.479$^{a}$ | 1.498$^{c}$ | 1.31 |
| | 0.5 | 1.518$^{a}$ | 1.505$^{ab}$ | 1.387$^{a}$ | 1.377$^{ab}$ | 1.288$^{a}$ | 1.417$^{a}$ | 1.402$^{a}$ | 1.300$^{a}$ | 1.293$^{b}$ | 14.82 |
| | 1.5 | 1.518$^{a}$ | 1.518$^{b}$ | 1.446$^{a}$ | 1.259$^{a}$ | 1.441$^{a}$ | 1.448$^{b}$ | 1.387$^{a}$ | 1.231$^{a}$ | 1.131$^{a}$ | 25.49 |
| | 2.5 | 1.518$^{a}$ | 1.492$^{a}$ | 1.466$^{a}$ | 1.429$^{b}$ | 1.387$^{a}$ | 1.480$^{c}$ | 1.473$^{a}$ | 1.321$^{a}$ | 1.480$^{c}$ | 2.50 |
| 2.0 | 0.0 | 2.013$^{a}$ | 1.996$^{a}$ | 1.948$^{ab}$ | 1.969$^{a}$ | 1.984$^{c}$ | 2.042$^{b}$ | 1.982$^{a}$ | 1.902$^{b}$ | 2.012$^{b}$ | 0.04 |
| | 0.5 | 2.013$^{a}$ | 2.021$^{a}$ | 1.917$^{ab}$ | 1.878$^{a}$ | 1.853$^{b}$ | 1.879$^{ab}$ | 1.818$^{a}$ | 1.754$^{a}$ | 1.594$^{a}$ | 20.81 |
| | 1.5 | 2.013$^{a}$ | 1.975$^{a}$ | 1.774$^{a}$ | 1.833$^{a}$ | 1.764$^{a}$ | 1.804$^{ab}$ | 1.804$^{a}$ | 1.675$^{a}$ | 1.932$^{b}$ | 4.02 |
| | 2.5 | 2.013$^{a}$ | 1.983$^{a}$ | 1.981$^{b}$ | 1.881$^{a}$ | 1.794$^{ab}$ | 1.803$^{a}$ | 1.843$^{a}$ | 1.737$^{a}$ | 1.917$^{b}$ | 4.76 |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความเป็นกรดเป็นด่าง ( pH )**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วนอยู่ในช่วงระหว่าง 7.67 ถึง 8.12 (ตารางที่ 10)

**ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ( DO )**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) โดยแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าใกล้เคียงกันและที่ชั่วโมง 24 พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงขึ้น (ตารางที่11) ซึ่งอาจเนื่องจากอุณหภูมิลดลงทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน อยู่ในช่วงระหว่าง 5.90 ถึง 7.36 มิลลิกรัมต่อลิตร

**อุณหภูมิ ($C^0$)**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) และอุณหภูมิในระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วนอยู่ในช่วงระหว่าง 26.3 ถึง 27.9 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 12) ซึ่งอุณหภูมิแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมออาจเนื่อง มาจากสภาพภูมิอากาศในรอบวันมีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 10** การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 7.75[a] | 7.80[a] | 7.90[a] | 7.82[a] | 7.86[a] | 7.86[a] | 8.12[a] | 7.82[a] | 7.84[a] |
| | 0.5 | 7.75[a] | 7.77[a] | 7.81[a] | 7.78[a] | 7.79[a] | 7.82[a] | 7.76[a] | 7.80[a] | 7.80[a] |
| | 1.5 | 7.75[a] | 7.75[a] | 7.78[a] | 7.75[a] | 7.77[a] | 7.79[a] | 7.74[a] | 7.77[a] | 7.77[a] |
| | 2.5 | 7.75[a] | 7.74[a] | 7.78[a] | 7.72[a] | 7.75[a] | 7.79[a] | 7.72[a] | 7.76[a] | 7.75[a] |
| 1.0 | 0.0 | 7.73[a] | 7.73[a] | 7.79[a] | 7.76[a] | 7.77[a] | 7.78[a] | 7.73[a] | 7.77[a] | 7.76[a] |
| | 0.5 | 7.73[a] | 7.74[a] | 7.78[a] | 7.74[a] | 7.76[a] | 7.76[a] | 7.72[a] | 7.75[a] | 7.74[a] |
| | 1.5 | 7.73[a] | 7.73[a] | 7.76[a] | 7.72[a] | 7.73[a] | 7.73[a] | 7.70[a] | 7.72[a] | 7.73[a] |
| | 2.5 | 7.73[a] | 7.72[a] | 7.75[a] | 7.72[a] | 7.71[a] | 7.71[a] | 7.68[a] | 7.71[a] | 7.72[a] |
| 1.5 | 0.0 | 7.68[a] | 7.69[a] | 7.73[a] | 7.71[a] | 7.70[a] | 7.69[a] | 7.67[a] | 7.70[a] | 7.71[a] |
| | 0.5 | 7.68[a] | 7.69[a] | 7.73[a] | 7.70[a] | 7.69[a] | 7.69[a] | 7.67[a] | 7.70[a] | 7.71[a] |
| | 1.5 | 7.68[a] | 7.68[a] | 7.71[a] | 7.68[a] | 7.68[a] | 7.68[a] | 7.67[a] | 7.69[a] | 7.70[a] |
| | 2.5 | 7.68[a] | 7.67[a] | 7.70[a] | 7.68[a] | 7.68[a] | 7.67[a] | 7.66[a] | 7.68[a] | 7.70[a] |
| 2.0 | 0.0 | 7.70[a] | 7.70[a] | 7.73[a] | 7.69[a] | 7.70[a] | 7.70[a] | 7.69[a] | 7.72[a] | 7.72[a] |
| | 0.5 | 7.70[a] | 7.70[a] | 7.72[a] | 7.69[a] | 7.70[a] | 7.69[a] | 7.68[a] | 7.70[a] | 7.71[a] |
| | 1.5 | 7.70[a] | 7.69[a] | 7.70[a] | 7.68[a] | 7.69[a] | 7.68[a] | 7.67[a] | 7.69[a] | 7.70[a] |
| | 2.5 | 7.70[a] | 7.67[a] | 7.69[a] | 7.67[a] | 7.68[a] | 7.67[a] | 7.65[a] | 7.68[a] | 7.69[a] |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 11** การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 7.02[a] | 7.00[a] | 6.37[a] | 6.44[a] | 6.36[a] | 6.29[a] | 6.71[a] | 6.81[a] | 6.30[a] |
| | 0.5 | 7.02[a] | 6.96[a] | 6.41[a] | 6.43[a] | 6.40[a] | 6.33[a] | 6.91[a] | 6.74[a] | 6.39[a] |
| | 1.5 | 7.02[a] | 7.08[a] | 6.46[a] | 6.43[a] | 6.41[a] | 6.30[a] | 6.98[a] | 6.47[a] | 6.37[a] |
| | 2.5 | 7.02[a] | 7.07[a] | 6.43[a] | 6.42[a] | 6.34[a] | 6.22[a] | 6.95[a] | 6.35[a] | 6.34[a] |
| 1.0 | 0.0 | 7.01[a] | 7.06[a] | 6.46[a] | 6.35[a] | 6.30[a] | 6.19[a] | 7.19[a] | 6.24[a] | 6.38[a] |
| | 0.5 | 7.01[a] | 7.05[a] | 6.53[a] | 6.42[a] | 6.26[a] | 6.19[a] | 7.12[a] | 6.28[a] | 6.35[a] |
| | 1.5 | 7.01[a] | 7.05[a] | 6.52[a] | 6.35[a] | 6.17[a] | 6.12[a] | 7.08[a] | 6.16[a] | 6.31[a] |
| | 2.5 | 7.01[a] | 7.00[a] | 6.49[a] | 6.26[a] | 5.99[a] | 5.97[a] | 7.01[a] | 6.17[a] | 6.31[a] |
| 1.5 | 0.0 | 6.94[a] | 6.90[a] | 6.53[a] | 6.32[a] | 5.90[a] | 5.91[a] | 7.42[a] | 6.10[a] | 6.14[a] |
| | 0.5 | 6.94[a] | 7.02[a] | 6.52[a] | 6.25[a] | 6.00[a] | 5.98[a] | 7.41[a] | 6.14[a] | 6.23[a] |
| | 1.5 | 6.94[a] | 6.96[a] | 6.55[a] | 6.35[a] | 6.06[a] | 6.03[a] | 7.36[a] | 6.20[a] | 6.20[a] |
| | 2.5 | 6.94[a] | 7.07[a] | 6.59[a] | 6.36[a] | 6.11[a] | 6.00[a] | 7.32[a] | 6.12[a] | 6.25[a] |
| 2.0 | 0.0 | 6.97[a] | 7.00[a] | 6.47[a] | 6.31[a] | 6.16[a] | 6.19[a] | 7.30[a] | 6.17[a] | 6.23[a] |
| | 0.5 | 6.97[a] | 7.05[a] | 6.52[a] | 6.34[a] | 6.18[a] | 6.23[a] | 7.21[a] | 6.19[a] | 6.26[a] |
| | 1.5 | 6.97[a] | 7.07[a] | 6.52[a] | 6.31[a] | 6.23[a] | 6.22[a] | 7.31[a] | 6.19[a] | 6.29[a] |
| | 2.5 | 6.97[a] | 7.13[a] | 6.48[a] | 6.31[a] | 6.21[a] | 6.20[a] | 7.30[a] | 6.22[a] | 6.24[a] |

* อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่** 12 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ($C^0$) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย (mg/l) | Zeolite ก่อนใส่สาร (กรัม) | 0 | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.0 | 26.5[a] | 26.6[a] | 26.6[a] | 27.0[a] | 27.4[a] | 27.3[a] | 26.6[a] | 27.3[a] | 27.1[a] |
| | 0.5 | 26.5[a] | 26.5[a] | 26.4[a] | 27.4[a] | 27.1[a] | 27.3[a] | 26.4[a] | 27.0[a] | 27.0[a] |
| | 1.5 | 26.5[a] | 26.5[a] | 26.4[a] | 26.7[a] | 27.0[a] | 27.3[a] | 26.4[a] | 27.1[a] | 27.0[a] |
| | 2.5 | 26.5[a] | 26.6[a] | 26.5[a] | 26.9[a] | 27.1[a] | 27.2[a] | 26.5[a] | 27.2[a] | 27.1[a] |
| 1.0 | 0.0 | 26.5[a] | 26.5[a] | 26.3[a] | 27.1[a] | 27.3[a] | 27.2[a] | 26.5[a] | 27.2[a] | 27.1[a] |
| | 0.5 | 26.5[a] | 26.5[a] | 26.3[a] | 26.7[a] | 27.1[a] | 27.9[a] | 26.4[a] | 26.9[a] | 27.0[a] |
| | 1.5 | 26.5[a] | 26.4[a] | 26.4[a] | 27.0[a] | 27.3[a] | 27.0[a] | 26.4[a] | 27.0[a] | 27.0[a] |
| | 2.5 | 26.5[a] | 26.5[a] | 26.5[a] | 27.0[a] | 27.3[a] | 27.1[a] | 26.5[a] | 27.3[a] | 27.2[a] |
| 1.5 | 0.0 | 26.6[a] | 26.5[a] | 26.6[a] | 26.2[a] | 27.3[a] | 27.4[a] | 26.6[a] | 27.2[a] | 27.1[a] |
| | 0.5 | 26.6[a] | 26.5[a] | 26.4[a] | 26.7[a] | 27.1[a] | 27.0[a] | 26.5[a] | 27.0[a] | 27.0[a] |
| | 1.5 | 26.6[a] | 26.4[a] | 26.4[a] | 26.6[a] | 27.2[a] | 27.1[a] | 26.4[a] | 27.0[a] | 27.0[a] |
| | 2.5 | 26.6[a] | 26.5[a] | 26.5[a] | 26.9[a] | 27.2[a] | 27.1[a] | 26.5[a] | 27.1[a] | 27.1[a] |
| 2.0 | 0.0 | 26.4[a] | 26.5[a] | 26.4[a] | 26.9[a] | 27.3[a] | 27.1[a] | 26.5[a] | 27.1[a] | 27.1[a] |
| | 0.5 | 26.4[a] | 26.4[a] | 26.3[a] | 26.7[a] | 26.8[a] | 26.8[a] | 26.4[a] | 27.0[a] | 27.0[a] |
| | 1.5 | 26.4[a] | 26.4[a] | 26.4[a] | 26.6[a] | 26.8[a] | 26.7[a] | 26.4[a] | 27.0[a] | 27.0[a] |
| | 2.5 | 26.4[a] | 26.5[a] | 26.6[a] | 27.0[a] | 27.3[a] | 27.1[a] | 26.6[a] | 27.2[a] | 27.2[a] |

* อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$)

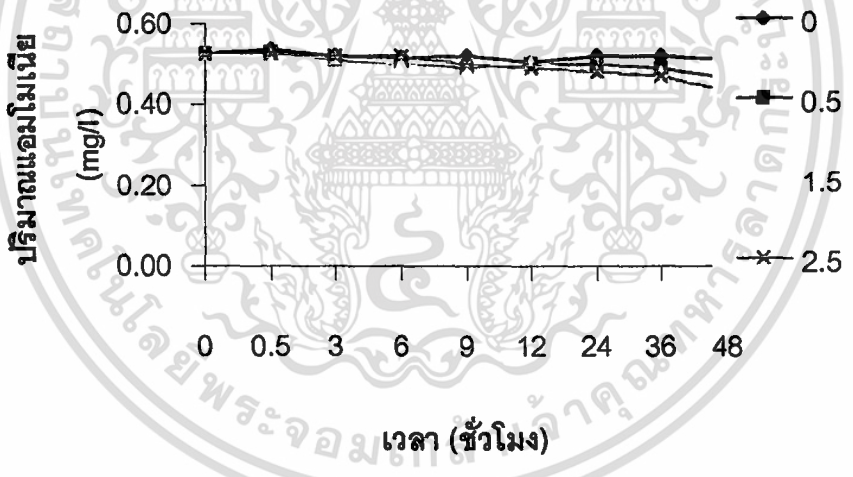
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองที่ 4**

ผลการทดลองใช้ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน โดยใช้ซีโอไลท์ที่ระดับ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 , 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

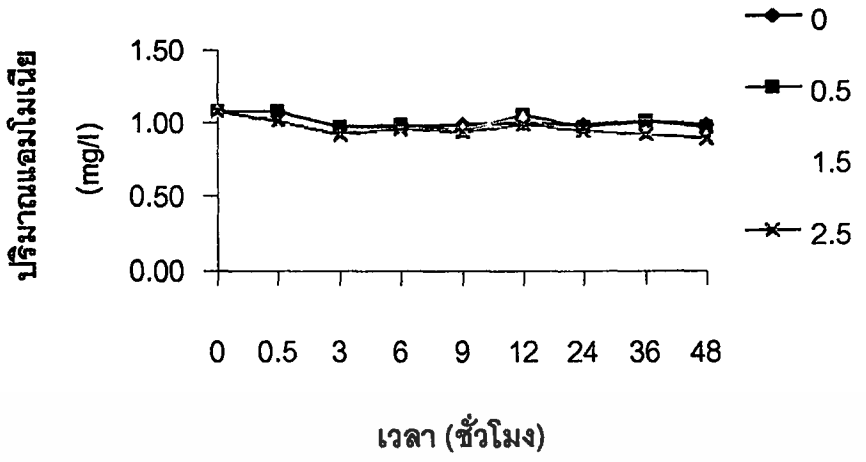
**ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ($NH_3$)**

พบว่าค่าแอมโมเนียมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) และ พบว่าซีโอไลท์ที่ปริมาณ 2.5 กรัม ลดแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ 18.21 และ 17.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอไลท์ทุกระดับปริมาณลดแอมโมเนียได้เพียงเล็กน้อย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 14-17 และ ตารางที่ 13) อย่างไรก็ตามที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน นี้หากปริมาณแอมโมเนียไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอไลท์ที่ระดับ 2.5 กรัมต่อลิตร จะมีประสิทธิภาพ ที่สุดในระหว่างกลุ่มการทดลอง

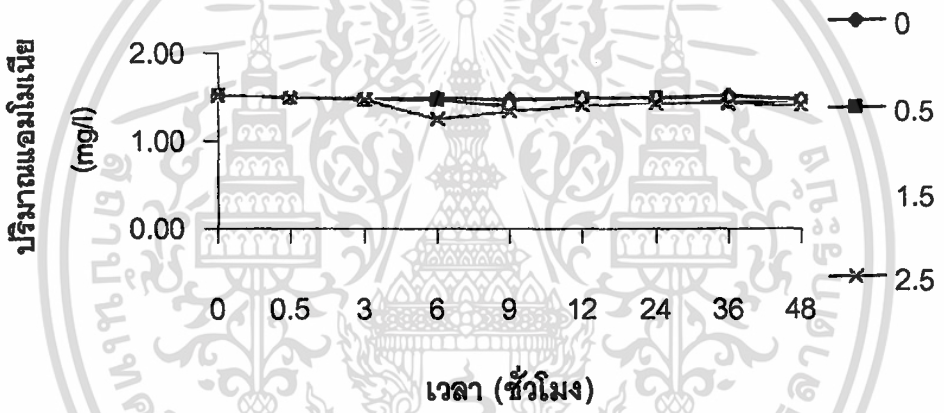



**ภาพที่ 14** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

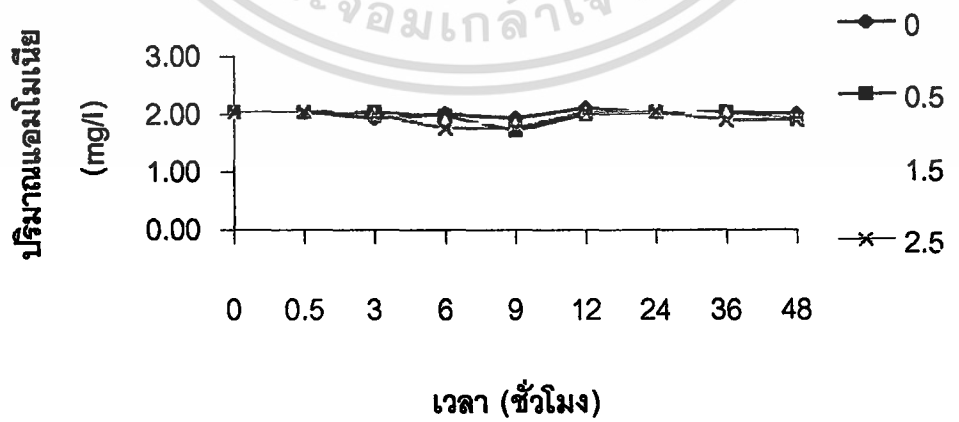
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 15** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง




**ภาพที่ 16** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง




**ภาพที่ 17** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ความเข้มข้นแอมโมเนีย 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 13** การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | | เปอร์เซ็นต์ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 | การลด |
| 0.5 | 0.0 | 0.527$^{a}$ | 0.533$^{a}$ | 0.521$^{a}$ | 0.518$^{a}$ | 0.521$^{b}$ | 0.503$^{ab}$ | 0.519$^{c}$ | 0.520$^{c}$ | 0.511$^{c}$ | 3.03 |
| | 0.5 | 0.527$^{a}$ | 0.530$^{a}$ | 0.510$^{a}$ | 0.501$^{a}$ | 0.491$^{ab}$ | 0.501$^{ab}$ | 0.501$^{b}$ | 0.489$^{b}$ | 0.468$^{b}$ | 11.19 |
| | 1.5 | 0.527$^{a}$ | 0.520$^{a}$ | 0.515$^{a}$ | 0.503$^{a}$ | 0.484$^{a}$ | 0.508$^{b}$ | 0.478$^{a}$ | 0.481$^{ab}$ | 0.462$^{b}$ | 12.33 |
| | 2.5 | 0.527$^{a}$ | 0.526$^{a}$ | 0.520$^{a}$ | 0.518$^{a}$ | 0.499$^{ab}$ | 0.490$^{a}$ | 0.482$^{a}$ | 0.472$^{a}$ | 0.431$^{a}$ | 18.21 |
| 1.0 | 0.0 | 1.081$^{a}$ | 1.074$^{b}$ | 0.974$^{a}$ | 0.969$^{a}$ | 0.986$^{a}$ | 0.999$^{a}$ | 0.982$^{a}$ | 1.015$^{b}$ | 0.991$^{b}$ | 8.32 |
| | 0.5 | 1.081$^{a}$ | 1.083$^{b}$ | 0.969$^{a}$ | 0.980$^{a}$ | 0.939$^{a}$ | 1.047$^{a}$ | 0.978$^{a}$ | 1.015$^{b}$ | 0.971$^{b}$ | 10.17 |
| | 1.5 | 1.081$^{a}$ | 1.005$^{a}$ | 0.906$^{a}$ | 0.931$^{a}$ | 0.955$^{a}$ | 1.034$^{a}$ | 0.886$^{a}$ | 0.931$^{a}$ | 0.906$^{a}$ | 16.18 |
| | 2.5 | 1.081$^{a}$ | 1.018$^{ab}$ | 0.920$^{a}$ | 0.959$^{a}$ | 0.931$^{a}$ | 0.982$^{a}$ | 0.944$^{a}$ | 0.920$^{a}$ | 0.893$^{a}$ | 17.39 |
| 1.5 | 0.0 | 1.513$^{a}$ | 1.509$^{b}$ | 1.488$^{a}$ | 1.496$^{b}$ | 1.484$^{b}$ | 1.508$^{b}$ | 1.510$^{c}$ | 1.522$^{b}$ | 1.481$^{b}$ | 2.11 |
| | 0.5 | 1.513$^{a}$ | 1.496$^{a}$ | 1.486$^{a}$ | 1.467$^{b}$ | 1.413$^{ab}$ | 1.470$^{ab}$ | 1.490$^{b}$ | 1.460$^{ab}$ | 1.448$^{ab}$ | 4.29 |
| | 1.5 | 1.513$^{a}$ | 1.513$^{b}$ | 1.492$^{a}$ | 1.339$^{ab}$ | 1.410$^{ab}$ | 1.467$^{ab}$ | 1.481$^{b}$ | 1.470$^{ab}$ | 1.456$^{ab}$ | 3.76 |
| | 2.5 | 1.513$^{a}$ | 1.510$^{b}$ | 1.480$^{a}$ | 1.240$^{a}$ | 1.329$^{a}$ | 1.403$^{a}$ | 1.439$^{a}$ | 1.421$^{a}$ | 1.408$^{a}$ | 6.93 |
| 2.0 | 0.0 | 2.021$^{a}$ | 2.012$^{ab}$ | 1.904$^{a}$ | 1.971$^{b}$ | 1.930$^{b}$ | 2.082$^{a}$ | 2.006$^{a}$ | 2.023$^{a}$ | 1.992$^{b}$ | 1.43 |
| | 0.5 | 2.021$^{a}$ | 2.012$^{ab}$ | 2.008$^{a}$ | 1.938$^{b}$ | 1.694$^{a}$ | 2.001$^{a}$ | 2.020$^{a}$ | 2.008a | 1.895$^{a}$ | 6.23 |
| | 1.5 | 2.021$^{a}$ | 2.095$^{b}$ | 1.987$^{a}$ | 1.833$^{ab}$ | 1.808$^{ab}$ | 2.008$^{a}$ | 2.060$^{b}$ | 1.971$^{a}$ | 1.879$^{a}$ | 7.02 |
| | 2.5 | 2.021$^{a}$ | 2.009$^{a}$ | 2.005$^{a}$ | 1.759$^{a}$ | 1.727$^{a}$ | 2.030$^{a}$ | 2.040$^{b}$ | 1.900$^{a}$ | 1.889$^{a}$ | 6.53 |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความเป็นกรดเป็นด่าง ( pH )**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงระหว่าง 7.61 ถึง 7.94 (ตารางที่ 14)

**ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ( DO )**

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 15) ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 6.60 ถึง 7.26 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงกว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่สามารถทำให้ปลาตายได้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 – 2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศักดิ์ชัย, 2530)

**อุณหภูมิ** ($C^0$)

พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) และอุณหภูมิในระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน อยู่ในช่วงระหว่าง 27.8 ถึง 29.0 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 16) และอุณหภูมิแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมออาจเนื่อง มาจากสภาพภูมิอากาศในรอบวันมีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 14** การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 7.78[a] | 7.81[a] | 7.86[a] | 7.87[a] | 7.85[a] | 7.88[a] | 7.92[a] | 7.94[a] | 7.87[a] |
| | 0.5 | 7.78[a] | 7.76[a] | 7.78[a] | 7.81[a] | 7.78[a] | 7.83[a] | 7.85[a] | 7.87[a] | 7.86[a] |
| | 1.5 | 7.78[a] | 7.74[a] | 7.75[a] | 7.78[a] | 7.76[a] | 7.80[a] | 7.82[a] | 7.85[a] | 7.84[a] |
| | 2.5 | 7.78[a] | 7.77[a] | 7.83[a] | 7.74[a] | 7.74[a] | 7.77[a] | 7.80[a] | 7.83[a] | 7.83[a] |
| 1.0 | 0.0 | 7.75[a] | 7.75[a] | 7.76[a] | 7.77[a] | 7.78[a] | 7.80[a] | 7.82[a] | 7.84[a] | 7.85[a] |
| | 0.5 | 7.75[a] | 7.73[a] | 7.75[a] | 7.75[a] | 7.76[a] | 7.78[a] | 7.79[a] | 7.83[a] | 7.84[a] |
| | 1.5 | 7.75[a] | 7.72[a] | 7.73[a] | 7.73[a] | 7.74[a] | 7.76[a] | 7.78[a] | 7.81[a] | 7.83[a] |
| | 2.5 | 7.75[a] | 7.70[a] | 7.72[a] | 7.72[a] | 7.73[a] | 7.75[a] | 7.76[a] | 7.80[a] | 7.82[a] |
| 1.5 | 0.0 | 7.61[a] | 7.68[a] | 7.71[a] | 7.70[a] | 7.73[a] | 7.74[a] | 7.76[a] | 7.81[a] | 7.82[a] |
| | 0.5 | 7.61[a] | 7.67[a] | 7.69[a] | 7.69[a] | 7.72[a] | 7.72[a] | 7.75[a] | 7.79[a] | 7.81[a] |
| | 1.5 | 7.61[a] | 7.66[a] | 7.67[a] | 7.68[a] | 7.70[a] | 7.71[a] | 7.74[a] | 7.78[a] | 7.80[a] |
| | 2.5 | 7.61[a] | 7.65[a] | 7.67[a] | 7.67[a] | 7.69[a] | 7.70[a] | 7.73[a] | 7.77[a] | 7.79[a] |
| 2.0 | 0.0 | 7.64[a] | 7.68[a] | 7.69[a] | 7.70[a] | 7.71[a] | 7.71[a] | 7.76[a] | 7.79[a] | 7.81[a] |
| | 0.5 | 7.64[a] | 7.67[a] | 7.69[a] | 7.70[a] | 7.70[a] | 7.71[a] | 7.75[a] | 7.78[a] | 7.81[a] |
| | 1.5 | 7.64[a] | 7.64[a] | 7.67[a] | 7.68[a] | 7.69[a] | 7.69[a] | 7.73[a] | 7.77[a] | 7.80[a] |
| | 2.5 | 7.64[a] | 7.64[a] | 7.66[a] | 7.67[a] | 7.68[a] | 7.68[a] | 7.73[a] | 7.77[ba] | 7.79[a] |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่** 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 7.04[a] | 7.02[a] | 6.73[a] | 6.94[a] | 7.02[a] | 6.60[a] | 6.58[a] | 6.59[a] | 6.86[a] |
| | 0.5 | 7.04[a] | 7.04[a] | 6.68[a] | 6.88[a] | 7.00[a] | 6.66[a] | 6.59[a] | 6.60[a] | 6.93[a] |
| | 1.5 | 7.04[a] | 7.14[a] | 6.72[a] | 7.06[a] | 7.07[a] | 6.65[a] | 6.63[a] | 6.64[a] | 6.92[a] |
| | 2.5 | 7.04[a] | 7.13[a] | 6.69[a] | 6.99[a] | 7.08[a] | 6.66[a] | 6.62[a] | 6.60[a] | 6.98[a] |
| 1.0 | 0.0 | 7.16[a] | 7.16[a] | 6.66[a] | 7.04[a] | 7.08[a] | 6.72[a] | 6.60[a] | 6.68[a] | 6.99[a] |
| | 0.5 | 7.16[a] | 7.12[a] | 6.71[a] | 7.08[a] | 7.15[a] | 6.81[a] | 6.67[a] | 6.70[a] | 7.02[a] |
| | 1.5 | 7.16[a] | 7.19[a] | 6.75[a] | 7.04[a] | 7.20[a] | 6.82[a] | 6.66[a] | 6.73[a] | 6.91[a] |
| | 2.5 | 7.16[a] | 7.26[a] | 6.72[a] | 6.98[a] | 7.17[a] | 6.79[a] | 6.69[a] | 6.66[a] | 7.01[a] |
| 1.5 | 0.0 | 7.22[a] | 7.22[a] | 6.51[a] | 7.02[a] | 7.14[a] | 6.81[a] | 6.66[a] | 6.70[a] | 7.00[a] |
| | 0.5 | 7.22[a] | 7.19[a] | 6.56[a] | 7.02[a] | 7.2[a] | 6.84[a] | 6.66[a] | 6.73[a] | 7.01[a] |
| | 1.5 | 7.22[a] | 7.24[a] | 6.57[a] | 7.02[a] | 7.25[a] | 6.84[a] | 6.66[a] | 6.79[a] | 7.05[a] |
| | 2.5 | 7.22[a] | 7.28[a] | 6.57[a] | 7.10[a] | 7.17[a] | 6.84[a] | 6.74[a] | 6.74[a] | 7.03[a] |
| 2.0 | 0.0 | 7.19[a] | 7.19[a] | 6.57[a] | 7.11[a] | 7.21[a] | 6.82[a] | 6.74[a] | 6.74[a] | 6.95[a] |
| | 0.5 | 7.19[a] | 7.26[a] | 6.67[a] | 7.12[a] | 7.24[a] | 6.84[a] | 6.82[a] | 6.80[a] | 7.05[a] |
| | 1.5 | 7.19[a] | 7.20[a] | 6.66[a] | 7.18[a] | 7.25[a] | 6.86[a] | 6.81[a] | 6.78[a] | 7.06[a] |
| | 2.5 | 7.19[a] | 7.24[a] | 6.61[a] | 7.14[a] | 7.23[a] | 6.83[a] | 6.77[a] | 6.80[a] | 7.04[a] |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 16** การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ($C^0$) ระหว่างการทดลองที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ระดับซีโอไลท์และแอมโมเนียต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง

| แอมโมเนีย | Zeolite | ก่อนใส่สาร | หลังใส่สาร (ชั่วโมง) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 30 นาที | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 0.5 | 0.0 | 28.2[a] | 28.3[a] | 28.2[a] | 28.7[a] | 29.0[a] | 28.9[a] | 28.2[a] | 29.0[a] | 28.0[a] |
| | 0.5 | 28.2[a] | 28.2[a] | 27.9[a] | 28.8[a] | 28.7[a] | 28.8[a] | 28.1[a] | 28.7[a] | 28.0[a] |
| | 1.5 | 28.2[a] | 28.2[a] | 28.0[a] | 28.3[a] | 28.5[a] | 28.7[a] | 28.1[a] | 28.7[a] | 27.9[a] |
| | 2.5 | 28.2[a] | 28.2[a] | 28.1[a] | 28.7[a] | 28.9[a] | 28.8[a] | 28.2[a] | 28.9[a] | 28.0[a] |
| 1.0 | 0.0 | 28.1[a] | 28.2[a] | 28.2[a] | 28.7[a] | 28.8[a] | 28.7[a] | 28.2[a] | 28.9[a] | 28.0[a] |
| | 0.5 | 28.1[a] | 28.1[a] | 28.0[a] | 28.3[a] | 28.3[a] | 28.5[a] | 28.0[a] | 28.7[a] | 27.9[a] |
| | 1.5 | 28.1[a] | 28.1[a] | 27.8[a] | 28.3[a] | 28.3[a] | 28.5[a] | 28.0[a] | 28.7[a] | 27.8[a] |
| | 2.5 | 28.1[a] | 28.2[a] | 28.2[a] | 28.7[a] | 28.6[a] | 28.6[a] | 28.1[a] | 28.7[a] | 27.9[a] |
| 1.5 | 0.0 | 28.1[a] | 28.1[a] | 28.1[a] | 28.4[a] | 28.6[a] | 28.6[a] | 28.2[a] | 28.7[a] | 28[a] |
| | 0.5 | 28.1[a] | 28.1[a] | 27.9[a] | 28.2[a] | 28.4[a] | 28.4[a] | 28.1[a] | 28.7[a] | 27.9[a] |
| | 1.5 | 28.1[a] | 28.0[a] | 27.9[a] | 28.2[a] | 28.3[a] | 28.5[a] | 28.1[a] | 28.7[a] | 27.9[a] |
| | 2.5 | 28.1[a] | 28.1[a] | 28.1[a] | 28.6[a] | 28.6[a] | 28.6[a] | 28.1[a] | 28.8[a] | 28.0[a] |
| 2.0 | 0.0 | 28.2[a] | 28.1[a] | 28.1[a] | 28.5[a] | 28.6[a] | 28.6[a] | 28.2[a] | 28.8[a] | 28.0[a] |
| | 0.5 | 28.2[a] | 28.1[a] | 27.9[a] | 28.2[a] | 28.4[a] | 28.4[a] | 28.1[a] | 28.6[a] | 28.0[a] |
| | 1.5 | 28.2[a] | 28.0[a] | 27.8[a] | 28.2[a] | 28.3[a] | 28.4[a] | 28.2[a] | 28.7[a] | 27.9[a] |
| | 2.5 | 28.2[a] | 28.1[a] | 28.1[a] | 28.5[a] | 28.7[a] | 28.7[a] | 28.2[a] | 28.8[a] | 27.9[a] |

*** อักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งแต่ละระดับความเข้มข้นแอมโมเนียแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ** ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 17** เปอร์เซ็นต์การลดลงของแอมโมเนียรวมเมื่อใส่ซีโอไลท์ที่ระดับความเค็มเค็มต่างกัน

| แอมโมเนีย | Zeolite | ระดับความเค็ม (ppt) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (mg/l) | (กรัม) | 0 | 10 | 20 | 30 |
| 0.5 | 0.0 | 3.49 | 3.54 | 2.68 | 3.03 |
| | 0.5 | 31.84 | 28.74 | 21.49 | 11.19 |
| | 1.5 | 52.03 | 48.42 | 20.34 | 12.33 |
| | 2.5 | 59.02 | 40.35 | 20.53 | 18.21 |
| 1.0 | 0.0 | 0 | 9.43 | 9.44 | 8.32 |
| | 0.5 | 25.88 | 24.32 | 27.15 | 10.17 |
| | 1.5 | 48.62 | 35.33 | 27.79 | 16.18 |
| | 2.5 | 59.9 | 42.55 | 34.05 | 17.39 |
| 1.5 | 0.0 | 3.02 | 1.97 | 1.31 | 2.11 |
| | 0.5 | 26.54 | 34.88 | 14.82 | 4.29 |
| | 1.5 | 50.38 | 38.83 | 25.49 | 3.76 |
| | 2.5 | 59.4 | 39.88 | 2.50 | 6.93 |
| 2.0 | 0.0 | 1.98 | 0.65 | 0.04 | 1.43 |
| | 0.5 | 22.07 | 34.19 | 20.81 | 6.23 |
| | 1.5 | 48.06 | 28.84 | 4.02 | 7.02 |
| | 2.5 | 58.41 | 24.25 | 4.76 | 6.53 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาการใช้ ซีโอไลท์ลดปริมาณแอมโมเนียที่ระดับความเค็มต่างๆพบว่า ซีโอไลท์สามารถลดปริมาณแอมโมเนียที่ระดับความเค็ม 0 ส่วนในพันส่วน ได้ดีที่สุดที่ปริมาณซีโอไลท์ 2.5 กรัมต่อลิตร ลดได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ตามด้วยความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน และที่ระดับความเค็ม 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน ซีโอไลท์สามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้เพียงเล็กน้อย (ตารางที่ 17) ซึ่งสอดคล้องกับ Emadi et al (2001) กล่าวว่าที่ความเค็มที่เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของซีโอไลท์จะลดลงและซีโอไลท์จะมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายแอมโมเนียได้ดีที่ความเค็มต่ำกว่า 10 ส่วนในพันส่วน ปริมาณซีโอไลท์ที่ระดับ 0.5, 1.5 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ดังนั้นควรใช้ซีโอไลท์ในการลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่มีความเค็มต่ำกว่า 10 ส่วนในพันส่วน ถึงจะมีประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนียได้ดี และระหว่างการทดลองควรวิเคราะห์น้ำอย่างละเอียดโดยเฉพาะ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เนื่องจากคุณสมบัติเหล่านี้มีอิทธิพลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ อธิราช. 2543. การใช้แบคทีเรียและซีโอไลท์ในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2543. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง, คณะผลิตกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 199 น.

ช่วยชูศรี ศรีมั่น. 2524. พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและไนไตรทที่มีต่อปลาดุกด้าน และความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นพิษของสารทั้งสองกับสารประกอบคลอไรด์บางชนิด. วิทยานิพนธ์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ดีพร้อม ไชย์วงศ์เกียติ. 2544 การใช้ปูนและซีโอไลท์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง. ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 64 น.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2537. สารปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตร. เอกสารประกอบสัมมนาทางวิชาการ. วันที่ 23 มีนาคม 2537 ณ. ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร

นิรนาม. 2535. คู่มือการใช้ผลิตภัณฑ์โรคกุ้งที่สำคัญ. ฝ่ายวิชาการบริษัทแลปอินเตอร์จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 60 น.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. คุณภาพน้ำทางการประมง. แผนกประมง, คณะวิชาสัตว์ศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตลำปาง, ลำปาง. 86 น

ธีรพงศ์ ไกรนรา. 2528. ผลกระทบของแอมโมเนียต่อปลาดุกด้าน. อ้างโดยศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2530. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะ เทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 223 น.

ปภาศิริ กาญจโนภาศ, ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ สุปราณี ชินบุตร. 2528. รายงานการวิจัยผลของแอมโมเนียต่อเนื้อเยื่อปลาดุกอุย. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒบางแสน, ชลบุรี. 33 น.

วรรณะ นนทนาพันธ์. 2529. อิทธิพลของคุณสมบัติของน้ำต่อการเป็นโรคติดเชื้อ *Aeromonas hydrophila* และการการรักษาโรคในประหลาดุก. อ้างโดย ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2530. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะ เทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 223 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักดิ์ชัย ซูโซติ. 2530. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะ เทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 223 น.

สมาน กูจิ. 2538. การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีและแบคทีเรียที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. *http:/www.aqua.fish.ku.ac.th/abstract/abstract04.html*

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2540. การเพาะและอนุบาลสัตว์ทะเล. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 72 น.

Anon. 2000. Zeolite. June 2000. *http:/www.supersorb.com.av/zeolite_hort.html.*

Bergerd, D.,G. Kirov, L. Filizova and O.Petrov. 1997. Effect of natural clinoptilolite or phillipsite in the feeding of lactating dairy cow. Natural Zeolite-Sofia pp.67-72

Borrow, R.E. 1964. Effects of accumulate excretion products on hatcheries – reared salmonid. อ้างโดย ปภาศิริ กาญจโนภาศ, ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ สุปราณี ชินบุตร. 2528. รายงานการวิจัยผลของแอมโมเนียต่อเนื้อเยื่อปลาดุกอุย. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัย ศรีนครินทร์วิโรฒบางแสน, ชลบุรี. 33 น

Boyd, C.E. 1981. Water Quality in warmwater fish pond. อ้างโดย ศักดิ์ชัย ซูโซติ. 2530. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะ เทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 223 น.

Burkhalter, D.E. and C.M Kaya. 1977. Effect of prolonged exposure to ammonia on fertilized eegs and sacfry of rainbow trout (Salmo gairdneri). อ้างโดย ช่วยชูศรี ศรีมั่น. 2524. พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและไนไตรทที่มีต่อปลาดุกด้าน และความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นพิษของสารทั้งสองกับสารประกอบคลอไรด์บางชนิด. วิทยานิพนธ์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Emadi, H.,J.E. Nezhad and H. Pourbagher. 2001. In vitro comparison of zeolite (clinoptilolite) and activate carbon as ammonia absorbants in fish culture. The ICLARM Quarterly. 24 :18-20.

Jorgensen, S.E.,O. Libor, K.L. Graber and K. Barkacs. 1976. Ammonia removol by use of clinoptilolite. Water Research. 10 :213-224.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robinette, H.R. 1976. Effect of selected sublethal levels of ammonia on the growth of channel catfish (Ictalurus punctatus). อ้างโดย ปภาศิริ กาญจโนภาศ, ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ สุปราณี ชินบุตร. 2528. รายงานการวิจัยผลของแอมโมเนียต่อเนื้อเยื่อปลาดุกอุย. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัย ศรีนครินทร์วิโรฒ บางแสน, ชลบุรี. 33 น

Vrzgula, L. and H. Seidel. 1989. Sorption characteristics of natural zeolite (Clinoptilolite) in biological material in vitro. Vet. Med. (Praha), 34(9):747-752 p.

Wickin, J.F. 1976. The tolerance of warm-water prawns to recirculate water. Aquaculture. 9:19-37 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้